



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

## **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS**

### **RESIDUALES DE LA PLANTA DE PORCELANATO**

#### **ECUACERÁMICA – RIOBAMBA**

**TIPO:** PROYECTO TÉCNICO

Trabajo de titulación para optar por el grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** CARLA VIVIANA HARO VELASTEGUI

**TUTOR:** ING. HANNÍBAL BRITO

Riobamba – Ecuador

2016

© 2016, CARLA VIVIANA HARO VELASTEGUI.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: **“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PORCELANATO ECUACERÁMICA - RIOBAMBA”**, de responsabilidad de la señorita Carla Viviana Haro Velastegui, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Hanníbal Brito M. PhD. ....

.....

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Ing. José Usiña .....

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

“Yo, **CARLA VIVIANA HARO VELASTEGUI**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo y el patrimonio del Trabajo de Titulación pertenece a la “**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

.....  
**CARLA VIVIANA HARO VELASTEGUI**

## ABREVIATURA

a	Ancho del tanque (m)
A	Área (m <sup>2</sup> )
Asi	Área de la sección inclinada (m <sup>2</sup> )
b	Largo del tanque (m)
Cd	Concentración de la solución a dosificar.
h	Altura (m, cm)
hi	Altura inclinada (m)
hsr	Altura sección inclinada (m)
NTU	Unidad nefelométrica de turbidez
Ø	Diámetro (m)
p/v)	Concentración relación peso volumen (%)
PAC-100	Policloruro de Aluminio
pH	Potencial hidrogeno
Poly-A	Poliacrilamida
Q	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
Q <sub>D PAC</sub>	Caudal de dosificación de Policloruro de Aluminio (m <sup>3</sup> /h)
Q <sub>D Poly-A</sub>	Caudal de dosificación de Poliacrilamida (m <sup>3</sup> /h)
SD	Sólidos Disueltos (mg/L)
SS	Sólidos suspendidos (mg/L)
T	Temperatura (°C)
v	Velocidad (m/s)
V	Volumen (L)
V <sub>L</sub>	Volumen del químico puro (L)
Vsi	Volumen sección inclinada (L)
Vsr	Volumen sección rectangular (L)
Vt	Volumen total del tanque (L)
x	Porcentaje de remoción (%)

## TABLA DE CONTENIDO

	Paginas
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Identificación Del Problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto .....	2
1.3 Línea de base del proyecto .....	2
1.3.1 Caracterización del agua.....	5
1.4 Beneficiarios directos e indirectos .....	8
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	9
2.1 General. ....	9
2.2 Específicos. ....	9
CAPÍTULO 3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR .....	10
3.1 Localización del proyecto.....	10
3.2 Ingeniería del proyecto (Optimización) .....	10
3.2.1 Determinación del caudal .....	11
3.2.2 Determinación del diámetro de partícula. ....	12
3.2.3 Prueba de jarras .....	16
3.2.4 Optimización del sistema de tratamiento de agua .....	18
3.2.5 Propuesta .....	23
3.2.6 Análisis y discusión de resultados .....	28
3.3 Proceso de producción.....	30
3.3.1 Rectificación de las piezas cerámica.....	31
3.3.2 Tratamientos de aguas residuales .....	32
3.4 Requerimientos de tecnología, equipo y maquinaria .....	34
3.5 Análisis de Costo.....	36
3.5.1 Costo de operación. ....	36
3.5.2 Costo de implementación. ....	37
3.5.3 Cronograma de ejecución del proyecto.....	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45

4.1	Conclusiones .....	45
4.2	Recomendaciones.....	46
	BIBLIOGRAFÍA .....	47
5.1	Libros .....	47
5.2	Artículos Electrónicos .....	47
	ANEXOS.....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1.</b> Parámetros a determinar para la caracterización del efluente .....	6
<b>Tabla 2-1.</b> Puntos de muestreo .....	7
<b>Tabla 3-1.</b> Resultados de caracterización y comparación de análisis con límites permisibles. ....	7
<b>Tabla 1-3.</b> Tiempo de recorrido del objeto flotante .....	12
<b>Tabla 2-3.</b> Caudal del sistema de tratamiento de agua de recirculación.....	12
<b>Tabla 3-3.</b> Diámetro de partículas. ....	14
<b>Tabla 4-3.</b> Datos experimentales de velocidad de sedimentación en función del diámetro de partícula .....	15
<b>Tabla 5-3.</b> Resultados de la velocidad de sedimentación.....	15
<b>Tabla 6-3.</b> Prueba 1 de jarras.....	17
<b>Tabla 7-3.</b> Prueba 2 de jarras.....	17
<b>Tabla 8-3.</b> Prueba 3 de jarras.....	17
<b>Tabla 9-3.</b> Resultados de dosificación y preparación de químicos coagulante y floculante .....	20
<b>Tabla 10-3.</b> Resultados de optimización del agua industrial de porcelanato .....	20
<b>Tabla 11-3.</b> Resultados del porcentaje de remoción .....	22
<b>Tabla 12-3.</b> Resultados tanque de dosificación por gravedad.....	25
<b>Tabla 13-3.</b> Resultados del tiempo de duración.....	26
<b>Tabla 14-3.</b> Resultados malla de acero inoxidable .....	28
<b>Tabla 15-3.</b> Parámetros de agua de recirculación del filtro prensa .....	33



<b>Tabla 16-3.</b> Resultado de los costos de operación .....	37
<b>Tabla 17-3.</b> Análisis de costos unitarios para relleno y caída de tanques de dosificación. ....	38
<b>Tabla 18-3.</b> Análisis de precios unitarios para tubería e instalación .....	39
<b>Tabla 19-3.</b> Análisis de precios unitarios para instalación de válvulas de acero inoxidable. ....	40
<b>Tabla 20-3.</b> Análisis de precios unitarios para adquisición e instalación de malla de acero inoxidable.....	41
<b>Tabla 21-3.</b> Análisis de precios unitarios para pintura epóxica .....	42
<b>Tabla 22-3.</b> Detalle de rubros y costos .....	43
<b>Tabla 23-3.</b> Cronograma De Actividades .....	44

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1.</b> Etapas del sistema de tratamiento de agua residuales.....	5
<b>Ilustración 1-3.</b> Localización del proyecto .....	10
<b>Ilustración 2-3.</b> Diámetro de partículas .....	14
<b>Ilustración 3-3.</b> Resultados de velocidad de sedimentación del material particulado...	16
<b>Ilustración 4-3.</b> Diseño de tanques de dosificación por gravedad.....	25
<b>Ilustración 5-3.</b> Disposición de válvulas en el tanque de dosificación.....	27
<b>Ilustración 6-3.</b> Diseño y ubicación de la malla .....	28
<b>Ilustración 7-3.</b> Diagrama del proceso de clarificación del agua. ....	30
<b>Ilustración 8-3.</b> Equipos y maquinaria empleada en el sistema de tratamiento de agua de recirculación.....	36

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1-1.</b> Problemas generados por el agua cruda saturada .....	5
<b>Fotografía 1-3.</b> Superposición de mallas .....	13
<b>Fotografía 2-3.</b> Vertido de la muestra.....	13
<b>Fotografía 3-3.</b> Medición del porcentaje retenido en malla .....	13

## **Declaración de Autenticidad**

Yo, Carla Viviana Haro Velastegui, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos en este Trabajo de Titulación.

Riobamba, 01 de Junio del 2016.

Carla Viviana Haro Velastegui

CI. 060402364-8

## RESUMEN

El objetivo del estudio técnico fue optimizar el sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de porcelanato Ecuacerámica – Riobamba, con la finalidad de proporcionar agua de óptima calidad en el sistema de tratamiento actual. A través de análisis físico - químico en muestras de agua cruda y tratada se identificó los parámetros irregulares referentes al Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 1 del Libro VI del TULSMA, Tabla 8. Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público, se procedió a la determinación del caudal empleando el método del flotador, determinación del diámetro del material particulado presente en el agua y la velocidad de sedimentación empleando técnicas de secado, tamizado y sedimentación; pruebas de jarras para determinar la dosificación adecuada de químico coagulante y químico floculante. La caracterización del agua cruda reflejó que existen problemas en pH, sólidos suspendidos, sólidos totales debido al diámetro de material particulado presente que varía en  $8,5 \times 10^{-4} \text{ m} - 3,8 \times 10^{-5} \text{ m}$  y una velocidad de sedimentación de  $2,81 \times 10^{-2} \text{ m/s} - 2,00 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ . Para dar cumplimiento a los parámetros fue necesaria la dosificación de PAC-100 al 5% (p/v) 306L/h y Poly-A al 3% (p/v) 153L/h, readecuación de tanques de dosificación por gravedad y accesorios, implementación de una malla de acero inoxidable en el canal de recolección. Con la implementación de la optimización al sistema actual se obtuvo porcentajes de remoción de 5,94% pH, 99,85% sólidos suspendidos, 84,66% sólidos totales y 99,74% turbiedad; valores que cumplen con los límites establecidos, aumentando el rendimiento operacional y mejorando la calidad del agua para el proceso de rectificación. Se recomienda verificar que el rango de pH del agua cruda se encuentre en los límites de 6 a 9.

**Palabras clave:** <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO>, <PROCESO DE RECTIFICACIÓN>, <ANÁLISIS FÍSICO>, <ANÁLISIS QUÍMICO>, <CARACTERIZACIÓN DEL AGUA>, <TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA [TULSMA]>

## ABSTRACT

The purpose of the technical study was the optimization of the sewage treatment system of Ecuacerámica porcelain plant in order to provide high-quality water for the current treatment system. Through the physical-chemical analysis carried out in polluted and treated water samples, it was possible to identify the irregular parameters according to 097-A Ministry agreement annex 1, book VI, chart 8 of TULSMA regarding to the discharge limits into the public sewage system, it was necessary to determine the water flow by using the floating method as well as the material diameter determination, water particles and sedimentation speed by using drying techniques, filtering and sedimentation; jar tests to determine the appropriate dosage of coagulant and flocculent chemical. The polluted water characterization reflected existing problems related to: pH, suspended solids, and total solids, this due to the sand material diameter which varies between  $8,5 \times 10^{-4}$  m -  $3,8 \times 10^{-5}$  m at a sedimentation speed of  $2,81 \times 10^{-2}$  m/s- $2,00 \times 10^{-4}$  m/s. In order to accomplish the parameters it was necessary to use the PAC-100 dosage at 5% (p/v) 306 L/h and Poly -A at 3% (p/v) 153L/h for the gravity dosage tanks readjustment as well as their accessories, implementation of an iron mesh in the collecting channel. With the implementation of the current system optimization it was possible to obtain removal percentages of 5,94% pH, 99,85% suspended solids, 84,66% total solids, and 99,74% turbidity; these values reach the established limits increasing the operational performance and improving the water quality for the modification process. It is recommended to verify the polluted water pH average under the 6 to 9 limits.

Key words: <SEWAGE WATER TREATMENT>, <PROCESS OPTIMIZATION>, <MODIFICATION PROCESS>, <PHYSICAL ANALYSIS>, <CHEMICAL ANALYSIS>, <WATER CHARACTERIZATION>, <SECONDARY LEGISLATION UNIFIED TEXT [TULSMA]>

## **CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 Identificación Del Problema**

C.A. Ecuatoriana de Cerámica fue constituido el 27 de septiembre de 1960 en la ciudad de Riobamba. Tiene un área de 10000 m<sup>2</sup> de terreno y 35000 m<sup>2</sup> de área cubierta, cuenta con maquinaria italiana con tecnología de punta, la misma que provee de una capacidad real de producción de más de 500000 m<sup>2</sup> mensuales de productos de altísima calidad reconocida en el ámbito internacional. La actividad principal que se realiza en la empresa es la elaboración de cerámica para pisos y pared.

C.A. Ecuatoriana de Cerámica en Octubre del 2014 implementa una nueva línea de producción conocida como rectificación de porcelanato y en los meses de enero a febrero del 2015 debido a la gran demanda hídrica que presenta el proceso incorporan un sistema de tratamiento de agua residual adquirida a la empresa KEDA INDUSTRIAL CO., LTDA., sin un estudio previo y caracterización para tratar adecuadamente las condiciones que presenta el agua residual generada; con una alta inversión económica (93000 en obra civil y 75000 en maquinaria), presentando resultados no favorables en las características deseadas de la calidad del agua dentro del ciclo cerrado de recirculación.

La problemática radica en que el proceso de rectificación se desarrolla en húmedo, generando una gran cantidad de suspensiones acuosas y por ende grandes volúmenes de agua residual 153m<sup>3</sup>/h considerando que el proceso se lleva a cabo los 365 días al año, veinte horas diarias de producción, debido a la gran demanda hídrica que presenta el proceso, las aguas deben ser tratadas en una instalación de clarificación- floculación, con la finalidad de disminuir la demanda hídrica sin extraer al agua constantemente del ambiente y sin tener que verterla en el mismo después de la rectificación utilizando un ciclo cerrado que garantice la calidad del agua para evitar daños en el producto final y en los equipos empleados en el proceso.

Para dar una solución factible a este problema se plantea optimizar el sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de porcelanato, para reutilizar el agua en el proceso, reduciendo al máximo los impactos que generan al ser evacuadas directamente y optimizando recursos.

## **1.2 Justificación del proyecto**

El proceso de rectificación se encarga de la modificación de las dimensiones de las piezas eliminando los problemas de estabilidad dimensional confiriéndole una geometría muy regular, genera problemas en la calidad del efluente; considerando que este proceso se desarrollan en húmedo y genera cantidades muy elevadas de suspensiones acuosas, por lo cual se ha considera que el agua debe ser tratada para así poder ser recirculada, proceso que se ha venido desarrollando durante 5 meses basado simplemente en el principio de la sedimentación de las partículas suspendidas de mayor tamaño en el agua y sin la adecuada determinación y dosificación de coagulante químicos que fomentan la aglomeración de las partículas y agentes floculantes que favorecen el acrecentamiento de los agregados y aseguren la sedimentación; así como la falta de las condiciones físicas en la planta para que se lleve a cabo correctamente la depuración del agua durante la residencia de la misma en sistema de tratamiento, presentando características poco favorables, es decir no presenta una adecuada clarificación del agua proveniente del proceso y sin lograr el funcionamiento completo de la planta que consta de dos partes fundamentales como son la clarificación del agua y la deshidratación de los fangos, para así cumplir con el sistema de ciclo cerrado de recirculación. En este sentido se realizó ensayos que permitieron evaluar y/o mejorar el sistema de tratamiento, como una alternativa para evitar la gran demanda de recurso hídrico.

La optimización del sistema de tratamiento de agua residual tiene el fin de obtener la depuración del agua con una calidad que cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente en el Anexo I: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso Agua, tomando como referencia los parámetros para descarga de efluentes al sistema del alcantarillado público.

Por tanto se inicia con la caracterización del agua cruda y posteriormente se determinan las modificaciones que se realizan al sistema de tratamiento actual con la finalidad de dar cumplimiento a los parámetros establecidos en la norma y de los objetivos planteados.





## **1.3 Línea de base del proyecto**




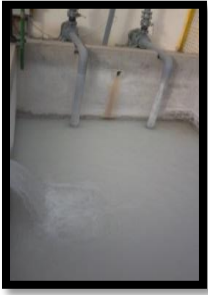



“Los fangos de rectificación son el resultado de la operación de eliminación en húmedo de la parte superficial de la baldosa de gres porcelánico, ejecutada con elementos abrasivos a base de carburo de silicio (muelas). Los restos generados se componen de polvo procedente del gres (cuarzo, mullita, silicato y óxidos alcalinotérreos procedentes de la muela abrasiva) y agua de lavado. El material presenta una consistencia de lodos y la cantidad que se forma es de




aproximadamente 2-3 kg de fangos/m<sup>2</sup> de gres rectificado. Ya que su composición no es peligrosa desde el punto de vista ambiental, los fangos se consideran como un residuo inerte especial.” (SACMI, 2004, p. 293)

El proceso de rectificación que se lleva a cabo en Ecuacerámica – Riobamba en la actualidad con la finalidad mejorara los acabados de las piezas trabaja los 365 días del año durante 20 horas diarias, rectificando 3000 m<sup>2</sup> /día de piezas de gres porcelanato (60 cm X 60 cm) generando un total de 6000 Kg de fango/día y un consumo de agua de 3366 m<sup>3</sup>/día es decir con un gasto de 1,12 m<sup>3</sup> de agua /m<sup>2</sup> de material rectificado, proceso que implica un gran consumo de recurso hídrico por lo cual se implementó un sistema de tratamiento que consta de 7 etapas como se muestra en la tabla 1 donde se desarrolló la identificación actual del proceso de rectificación y del funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas de recirculación, sistema que fue adquirido e implementado sin un previo estudio y caracterización del agua cruda generada en el proceso para determinar los químicos adecuados para el tratamiento y las condiciones física necesarias.

n	ETAPA	DESCRIPCIÓN	ESTADO ACTUAL	FOTOGRAFÍAS
1	Recolección	Canaleta de área de 6,02 m <sup>2</sup> y con capacidad de 0,84 m <sup>3</sup> ubicada a lo largo del proceso de rectificación.	En funcionamiento	
2	Captación	Tubería subterránea de 65 m, que transporta el agua cruda al tanque de reacción con un área de 0,042 m <sup>2</sup> y capacidad de 153 m <sup>3</sup>	En funcionamiento	
3	Coagulación - floculación	4 Tanques de dosificación de 0,92 m <sup>2</sup> y capacidad de 1,11 m <sup>3</sup> , cada uno cuenta con tubería de: agua de 2" y aire comprimido de 1"	No funciona debido a que no se determina los químicos adecuados ni la dosis requerida para el proceso.	
		Tanque de reacción cuenta con tres deflectores 0,13 X 0,59 m ; área de 6,06 m <sup>2</sup> y capacidad de 2,48 m <sup>3</sup>	Funciona como tanque de sedimentación primaria ya que no existe la dosificación de químicos (tiempo de residencia del agua muy bajo)	

		Canal de agua floculada, cuenta con 10 orificios de 4" de diámetro distribuidas en todo el canal y un tabique difusor de concreto para evitar la transmisión de la turbulencia al tanque sedimentador; área de 2,85 m <sup>2</sup> y capacidad de 1,43m <sup>3</sup>	Funciona como tanque que retiene material particulado y disminuye la turbulencia generada en el tanque de reacción	
4	Sedimentación	Tanque de sedimentación con tres canaletas de rebose dentadas; área de 73,05 m <sup>2</sup> y capacidad de 259,32 m <sup>3</sup>	Funciona como tanque sedimentador sin lograr la clarificación total del agua	
		Pasarela de succión de lodos cuenta con tres bombas sumergibles que succionan un caudal de 6,41 L/s cada una, los lodos succionados son recolectados en un canal.	No funciona ya que la generación de lodos es muy baja	
5	Recolección - recirculación de agua tratada	Tanque de almacenamiento con un área de 23,6 m <sup>2</sup> y capacidad de 60,66 m <sup>3</sup> ; cuenta con dos bombas centrífugas de diámetro de 6" (170mm) y una capacidad de 153m <sup>3</sup> /h y una presión de 12,5 bar	Funciona recirculando el agua que actualmente se encuentra contaminada y presenta sólidos disueltos que forma una película de color blanco en las piezas de porcelanato, tubería, piso de la rectificadora y superficie de las bombas de rectificación	
6	Almacenamiento de lodos	Canal de recolección de lodos	No funciona debido a que no existe la formación de lodos	
		Tanque de almacenamiento de lodos que posee dos secciones cónicas permitiendo que los lodos sedimenten, tiene una capacidad de 53,84 m <sup>3</sup>	No funciona debido a que no existe la formación de lodos	
7	Tratamiento de lodos	Filtro prensa cuenta con 47 placas, y una bomba de succión de 2 kg/cm <sup>2</sup> , esta succiona los lodos con dos tuberías de 4" de diámetro, el funcionamiento obtienen como resultados dos componentes, lodo y agua filtrada la misma que regresa al tanque de reacción para continuar con el proceso de clarificación.	No funciona ya que no se encuentra armada por completo y falta colocar las telas filtrantes	

		Almacenamiento de los lodos deshidratados	No existe la formación de lodos	
--	--	-------------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

### **Ilustración 1-1.** Etapas del sistema de tratamiento de agua residuales

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

El sistema de tratamiento actual no trabaja de forma correcta debido a que no cumple con el sistema de ciclo cerrado según SACMI (2004) donde la planta se puede considerar compuesta por dos partes principales: una relativa a la depuración de las aguas a recircular (clarificadora) y otra relativa al tratamiento y deshidratación de los fangos (filtro prensa).

El agua cruda generada en el proceso de rectificación durante estos 5 meses fue tratada con varios químicos (meta silicato, cal, floculantes y coagulantes) los cuales no dieron una solución al sistema de tratamiento logrando de esta forma saturarla; generando problemas en la línea de producción (manchas en la superficie de maquinaria y producto terminado), tanto en la maquinaria como en el producto final y la generación de gastos adicionales en los químicos adquiridos y en el mantenimiento de los equipos.



### **Fotografía 1-1.** Problemas generados por el agua cruda saturada

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

#### **1.3.1 Caracterización del agua**

El presente trabajo de titulación tuvo como fundamento la caracterización de agua cruda proveniente del proceso de rectificación del porcelanato a partir de la recolección de una muestra simple recolectada en el canal de recolección; en este punto durante el desarrollo del proceso el consumo de agua y la composición del material particulado se mantiene constante con el transcurso del tiempo de trabajo, considerando que el proceso de rectificación no se ve afectado por el temporal ni factores externos. Los análisis físicos y químicos son desarrollados en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas (LABSU), debido a que en el Laboratorio de

Análisis de Agua de la ESPOCH no cuenta con los equipos necesarios para la determinación de metales; descartando los análisis biológicos ya que la composición de los fangos de rectificación no es peligrosa desde el punto de vista ambiental ya que son considerados como un residuo inerte especial que no posee carga orgánica.

#### **1.3.1.1 Recolección de la muestra**

La recolección de la muestra se lo realizó por el método simple tomado en el canal de recolección y en el tanque de sedimentación posterior al proceso de clarificación, proceso que se realiza con cuidado para que los resultados analíticos representen la caracterización del agua cruda y el cumplimiento de parámetros en el agua tratada.

**Tabla 1-1.** Parámetros a determinar para la caracterización del efluente

<i>N</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Métodos / Norma Referencias</i>
1	Potencial hidrógeno	SM 4500-H <sup>+</sup> B
2	*Temperatura	SM 4500-H <sup>+</sup> B
3	Conductividad eléctrica	SM 2510 B
4	*Sólidos Suspendidos	SM 4500 SS
5	Sólidos Totales disueltos	SM 4500 SSD
6	Sólidos Totales	SM 4500 ST
7	Dureza Total	SM 4500 DT
8	Turbidez	SM 4500 UFT
9	Bario	SM 3030 B, 3111 D
10	Cromo total	SM 3030 B, 3111 B
11	Plomo	SM 3030 B, 3111 B
12	Vanadio	SM 3030 B, 3111 D
13	Hierro	SM 3030 B, 3111 B
14	*Magnesio	SM 3030 B, 3111 B
15	*Mercurio	SM 3030 B, 3111 B
16	Carbonato de Calcio	SM 4500 HCO <sub>3</sub>
17	*Fosfatos	SM 4500 PO <sub>4</sub>
18	Sulfatos	SM 4500 SO <sub>4</sub>
19	*Sólidos Sedimentables	SM 4500 SS

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*  
Fuente. LABSU (2015)

Proceso que se lleva a cabo a nivel de laboratorio, empleando Métodos y Normas de referencia.

El procedimiento utilizado para la recolección de muestras en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 226:2000 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO se describe a continuación:

- Identificación del tipo de muestra.- Muestra simple puntual ya que la composición del efluente permanece constante y proviene únicamente del proceso de rectificación y la producción permanece constante en el transcurso del tiempo sin modificar el material rectificado ni el cuerpo de agua empleada en el mismo.
- Tamaño de la muestra.- La recolección de la muestra in situ un volumen de 2 litros
- Control y vigilancia del muestreo.- Una vez tomada la muestra esta debe contar de un correcto etiquetado pegada en el frasco en la que debe constar el número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora, lugar de recolección, condiciones en las que fue tomada la muestra y parámetros a determinar;
- Método de muestreo.- Muestreo por el método manual empleando mascarilla y guantes, termómetro y una hielera.
- Recipientes y preservación para la muestra.- Se emplean envases plásticos estéril con capacidad de 2 litros ya que la muestra no contiene compuestos orgánicos, la muestra es transportada en una hielera para conservar sus características físico-químicas, hasta ser entregadas en el laboratorio para la realizar los respectivos análisis.

**Tabla 2-1.** Puntos de muestreo

N° de muestras	Punto de muestreo	Volumen de la muestra (L)	Características
1	Canal de recolección	2	Agua Cruda para caracterización. Agua turbia (blanquecina), T=18 °C, no presenta olor
1	Desborde de agua en el tanque de sedimentación	2	Agua posterior al tratamiento de clarificación. Agua Cristalina, T= 20°C, no presenta olor

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

### **1.3.1.2 Resultados de análisis de agua cruda con límites permisibles.**

La caracterización del agua da a conocer el no cumplimiento de parámetros de referencia que se encuentran establecidos en el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Tabla 8. Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público, detallado en la tabla 2 donde los parámetros que exceden los límite máximos permisibles son: el pH en 0,26 Unit, sólidos totales (ST) en 3781,55 mg/L y sólidos suspendidos (SS) en 1144 mg/L, y la turbidez que está considerado como un parámetro importante ya que presenta un alto valor 1940 NTU, los mismo que son evidenciados por la coloración que presenta efluente debido a la gran cantidad de sólidos presentes en la misma.

**Tabla 3-1.** Resultados de caracterización y comparación de análisis con límites permisibles.

Ítem	Parámetros	Unidad	Sin tratamiento	Límites Permisibles
------	------------	--------	-----------------	---------------------

1	Potencial hidrógeno	-	9,26	6-9
2	Temperatura	°C	18	< 40
3	Conductividad eléctrica	uS/cm	1 477	-
4	Sólidos Suspendidos	mg/L	1 364	220
5	Sólidos Totales disueltos	mg/L	945	-
6	Sólidos Totales	mg/L	5 381,55	1600
7	Dureza Total	mg/L	350	-
8	Turbidez	NTU	1 940	-
9	Bario	mg/L	71	-
10	Cromo total	mg/L	0,36	0,5
11	Plomo	mg/L	0,15	0,5
12	Vanadio	mg/L	0,4	-
13	Hierro	mg/L	0,06	25
14	Magnesio	mg/L	8,24	-
15	Mercurio	mg/L	0,002	0,01
16	Carbonato de Calcio	mg/L	50	-
17	Fosfatos	mg/L	27,11	-
18	Sulfatos	mg/L	28	400
19	Sólidos Sedimentables	ml/L	1,1	20

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

Fuente. LABSU (2015)

#### **1.4 Beneficiarios directos e indirectos**

El presente proyecto de optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de porcelanato ECUACERÁMICA – RIOBAMBA se desarrolla con la finalidad de beneficiar de forma directa a C.A. Ecuatoriana de Cerámica y todas las personas que desarrollan sus actividades dentro del proceso de rectificación ya que con la clarificación y el cumplimiento del ciclo cerrado de depuración del agua se logrará cumplir con los parámetros establecidos en el ámbito ambiental, y a su vez evitar daños en el producto final y maquinaria.

Los beneficiarios indirectos con el desarrollo de este proyecto son la población aledaña y el ambiente ya que se evitara el uso excesivo del efluente para el proceso y la descarga continua del efluente contaminado.

## **CAPÍTULO 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **2.1 General.**

Optimizar el sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de porcelanato ECUACERÁMICA – RIOBAMBA.

### **2.2 Específicos.**

- Identificar las fases del proceso y de funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas.
- Realizar la caracterización físico-química de las aguas del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de porcelanato ECUACERÁMICA- RIOBAMBA.
- Establecer los químicos (coagulante, floculante) y la dosificación adecuada para el proceso de clarificación del agua.
- Plantear alternativas adecuadas para el funcionamiento de la planta en base al análisis técnico y económico.

## CAPÍTULO 3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

### 3.1 Localización del proyecto.

La OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE PORCELANATO se realizara en la ECUACERÁMICA RIOBAMBA, ubicado las calles Gonzalo Dávalos y Brasil, en el barrio Los Pinos, provincia Chimborazo.



**Ilustración 1-3.** Localización del proyecto  
*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

### 3.2 Ingeniería del proyecto (Optimización)

“Los objetivos y soluciones para reducir las aguas de proceso (vertidos y consumo) se presentan en forma de medidas de optimización del proceso y sistemas de tratamiento de aguas residuales. La reducción de los vertidos y la disminución del consumo pueden lograrse mediante la aplicación de una combinación de esas medidas. Limpiar las aguas residuales del proceso mediante la aplicación de diferentes sistemas de depuración de aguas residuales del proceso para garantizar la limpieza adecuada del agua que va a reutilizarse en el proceso de fabricación, o que va a verterse directamente a los cursos de agua o indirectamente al sistema de alcantarillado de aguas residuales urbanas.” (Administrador del Wiki - EOI., 2012)

El proceso de optimización dentro del sistema de tratamiento de agua residual de rectificación garantiza agua de calidad para el cumplimiento de parámetros establecidos en los límites permisibles para descargas de efluentes al sistema de alcantarillado establecidos en la Tabla 8



del Anexo I del TULSMA , esta optimización se ve enfocada en la caracterización del agua y diámetro de partícula para determinar los químicos necesarios en el proceso de coagulación floculación así como la adecuación de las condiciones físicas identificadas mediante pruebas de jarras a nivel de laboratorio, necesarias para el desarrollo completo del proceso de clarificación del agua de recirculación.

### 3.2.1 Determinación del caudal

Para determinar la cantidad de agua que ingresa por unidad de tiempo a través del conducto ingresa al sistema de tratamiento se emplea el método del flotador, proceso que se realiza utilizando un objeto flotante para determinar el tiempo que se demora en recorrer dos puntos a lo largo del conducto.

$$Q = v * A \quad \text{Ec: 3.2.1-1}$$

Dónde:

$Q$  =Caudal ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$v$  = Velocidad ( $\text{m/h}$ )

$A$ = Área de sección circular ( $\text{m}^2$ )

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4} \quad \text{Ec: 3.2.1-2}$$

Dónde:

$A$ = Área de sección circular ( $\text{m}^2$ )

$\pi$  = Constante adimensional

$\phi$  = Diámetro de la tubería ( $\text{m}$ )

Se realizaron varias repeticiones en la determinación del tiempo que tarda el objeto flotante en recorrer la distancia del conductos hasta el ingreso al sistema de tratamiento, valor que permanece constante como se muestra en la tabla 5, lo que nos indica que el cuerpo de agua permanece constante, es decir no existe una variación del caudal de ingreso al sistema de tratamiento de agua.

**Tabla 1-3.** Tiempo de recorrido del objeto flotante

n	Distancia (m)	Tiempo (min)	Tiempo (h)
1	65	1,16	0,0193
2	65	1,15	0,0192
3	65	1,14	0,0190
4	65	1,15	0,0192
5	65	1,14	0,0190
6	65	1,15	0,0192
7	65	1,16	0,0193
8	65	1,15	0,0191
		Promedio	0,01916

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

Dando un caudal de  $153\text{m}^3/\text{h}$ , valor con el que se trabajara de forma constante en el desarrollo del sistema de tratamiento

**Tabla 2-3.** Caudal del sistema de tratamiento de agua de recirculación.

Distancia (m)	Tiempo (h)	$\varnothing$ (m)	A ( $\text{m}^2$ )	v (m/h)	Q ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
65	0,01916	0,24	0,045	3392,48	153

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

### 3.2.2 Determinación del diámetro de partícula.

En la determinación del diámetro de partícula se tomó una muestra de 19 litros para obtener una muestra de 100 gramos de sólidos totales presentes en el agua cruda proveniente del proceso de rectificación, mediante la aplicación de operaciones unitarias de secado y tamizado:

- Tomar las muestras de agua en recipientes y empleando el secador de bandejas se procede a secar la muestra con una temperatura de  $100^\circ\text{C}$ .
- Pesar 100gr de muestra seca.
- Apilar los tamices en una columna por orden creciente de apertura (el de mayor apertura arriba y el de menor apertura abajo) 850, 425, 300, 212, 150, 106, 53, 38  $\mu\text{m}$ , debajo de todos colocar el tamiz ciego.
- Pesar los tamices vacíos empleando una balanza
- Verter la muestra en la malla superior, tapar las mallas y agitar manualmente con movimientos circulares o de vaivén por un espacio de 15 min.



**Fotografía 1-3.** Superposición de mallas

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

*Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2016)*



**Fotografía 2-3.** Vertido de la muestra

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

*Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)*

- Cuando la mayoría de la muestra haya pasado por el primer tamiz, separarlo de la columna y observar si el tamizado ha sido completamente efectivo, si todavía quedan partículas más pequeñas que las de la abertura del tamiz, dar golpecillos al tamiz individualmente para ayudar a que las partículas que caigan pasen al siguiente tamiz.
- Cuando los tamices estén listos separarlos, pesar y registrar los datos para determinar el porcentaje retenido en cada malla con respecto al total de la muestra.



**Fotografía 3-3.** Medición del porcentaje retenido en malla

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

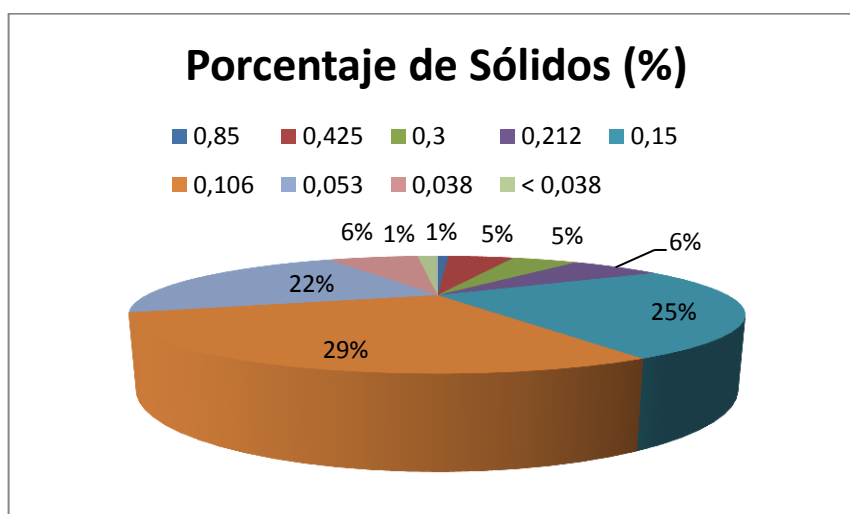
*Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)*

**Tabla 3-3.** Diámetro de partículas.

n	Luz de Malla (µm)	Peso Tamiz Vacío (g)	Peso Tamiz con Muestra (g)	Peso de la Muestra (g)	Diámetro de Partícula (mm)	Porcentaje de Sólidos (%)
1	850	342,1	342,92	0,82	0,85	0,82
2	425	313,8	318,59	4,79	0,425	4,79
3	300	296,5	301,27	4,77	0,3	4,77
4	212	285,9	292,32	6,42	0,212	6,42
5	150	282,4	307,2	24,8	0,15	24,80
6	106	276,5	305,09	28,59	0,106	28,59
7	53	270,5	292,29	21,79	0,053	21,79
8	38	273	279,56	6,56	0,038	6,56
9	base	242,1	243,56	1,46	< 0,038	1,46
			peso de materias tamizado (g)	100		100

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)



**Ilustración 2-3.** Diámetro de partículas

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)

Una vez determinada la granulometría de la muestra cómo se resume en a tabla 3-3. se pudo identificar que las partículas que existen en mayor cantidad son las de 0,15; 0,106 y 0,053 mm material que se lo considera como coloidales y nos indica la generación de turbidez en el agua y a su vez la necesidad de utilizar químicos coagulantes y floculantes para aumentar el tamaño del material particulado y su fácil sedimentación.

Procedemos a la determinación de la velocidad de sedimentación de acuerdo al diámetro de la particulado y la cantidad proporcional que se tiene en un litro de agua, se emplea una probeta de 1000 mL con una distancia de 40 cm y se determina el tiempo en el que se genera la sedimentación del material particulado que es previamente disuelto en el agua, dando tiempos

de sedimentación desde 8,05s hasta 34668s tiempo muy alto que no permite que el proceso de sedimentación se desarrolle por el proceso de gravedad. En el sistema de tratamiento actual se puede apreciar fácilmente que el materia que va de 0,850-0,425 mm sedimenta con facilidad en la canaleta de recolección, ya que al realizar los cálculos correspondientes su velocidad de sedimentación es de 0,0281 m/s y 0,0130 m/s respectivamente, mientras que el material de 0,300 mm - < 0,38 mm presentan una velocidad de sedimentación de  $7,5 \times 10^{-3}$  m/s a  $2 \times 10^{-4}$  m/s siendo la velocidad muy baja y al relacionar con el volumen de agua a tratar y la capacidad de los tanques se puede comprobar que el proceso requiere de químicos para lograr el acoplamiento y agrandamiento del material particulado disuelto en el agua cruda procedente de la rectificación.

**Tabla 4-3.** Datos experimentales de velocidad de sedimentación en función del diámetro de partícula

Diámetro de partícula (um)	Diámetro de partícula (m)	Masa de partículas (g)	Volumen (ml)	Densidad de partícula (Kg/m3)	Velocidad de sedimentación (m/s)
850,00	0,000850	2,31	3,00	771,33	2,81E-02
425,00	0,000425	2,77	3,50	792,57	1,30E-02
300,00	0,000300	3,60	4,30	836,05	7,49E-03
212,00	0,000212	3,44	3,70	930,27	2,04E-03
150,00	0,000150	5,01	4,80	1043,96	2,89E-03
106,00	0,000106	5,73	5,70	1004,74	1,34E-03
53,00	0,000053	2,12	2,80	757,86	2,94E-04
38,00	0,000038	1,14	1,60	710,00	1,87E-04
30,00	0,000030	0,48	0,90	531,11	2,00E-04

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

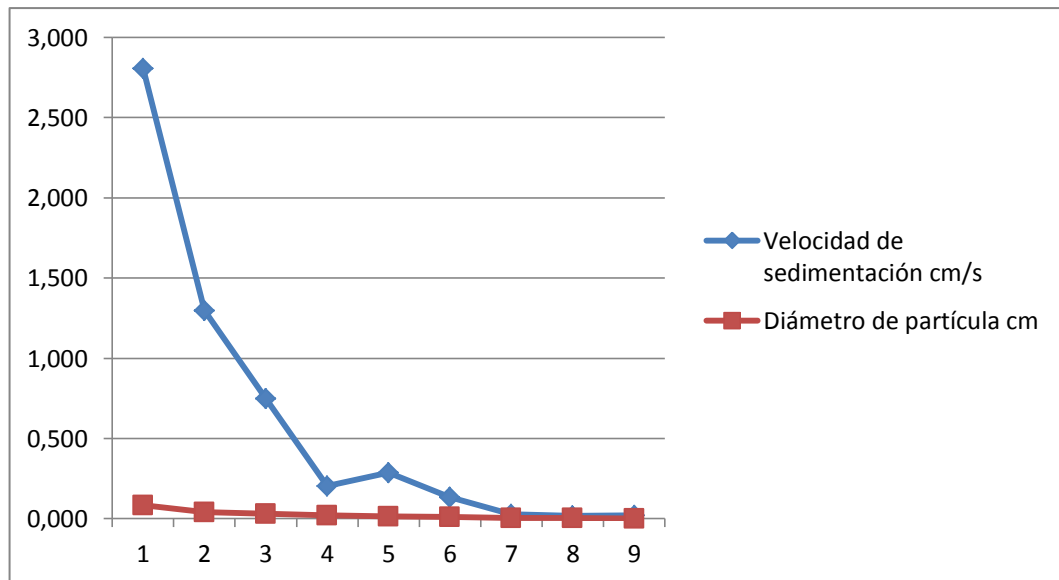
*Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)*

**Tabla 5-3.** Resultados de la velocidad de sedimentación

Velocidad de sedimentación cm/s	Diámetro de partícula cm
2,808	0,085
1,297	0,043
0,749	0,030
0,204	0,021
0,289	0,015
0,134	0,011
0,029	0,005
0,019	0,004
0,020	0,003

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

*Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)*



**Ilustración 3-3.** Resultados de velocidad de sedimentación del material particulado

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

*Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)*

### 3.2.3 Prueba de jarras

La prueba de jarras se realizó en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), para lograr la sedimentación de las partículas suspendidas en el agua, acelerada por el coagulante químico PAC 100 (Policloruro de aluminio) fomentando la aglomeración de las partículas desestabilizando los coloides al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados y como agente floculante Poly-A (Poliacrilamida aniónica) que favorece en el crecimiento de los aglomerados formando flóculos de dimensiones mayores que aseguren la sedimentación.

Se preparó los químicos a la concentración de 5% (50 g en 1000 ml) en el caso de PAC-100 y al 0,3% (3 mg en 1000 ml) el Poly-A, variando la dosificación del coagulante de 0,5 – 3 ml manteniendo constante la dosificación del coagulante de 0,5 ml en el primer ensayo, 1ml en el segundo y de 1,5ml en el tercero.

Con las pruebas de jarras y la evaluación cualitativa realizada en función al Índice de Floculación de Willcomb y a la turbidez que presenta el agua una vez aplicado el tratamiento se pudo determinar que la dosis óptima es de 2ml de PAC-100 5% y de 1 ml de Poly-A ya que el flóculo formado es de gran tamaño que va de 3 - 4.5 mm y se deposita todo en el fondo dejando el agua cristalina con una turbidez de 5 UNIT, generando la sedimentación de 150 ml de sedimentos y 850 ml de agua clarificada.

**Tabla 6-3.** Prueba 1 de jarras

n	Dosificación (ml / L)		Observaciones				
	PAC- 100 5% (p/v)	Poly-A 0,3% (p/v)	Tiempo de contacto coagulante (min)	Tiempo de floculación (min)	Tiempo de sedimentación (min)	Índice de WILLCOMB	Turbidez (UNIT)
1	0,5	0,5	1	2	0	0	1800
2	1	0,5	1	2	25,5	2	1492
3	1,5	0,5	1	2	23	6	898
4	2	0,5	1	2	18	8	354
5	2,5	0,5	1	2	19,2	6	523
6	3	0,5	1	2	20,1	4	780

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)

**Tabla 7-3.** Prueba 2 de jarras

n	Dosificación (ml / L)		Observaciones				
	PAC- 100 5% (p/v)	Poly-A 0,3% (p/v)	Tiempo de contacto coagulante (min)	Tiempo de floculación (min)	Tiempo de sedimentación (min)	Índice de WILLCOMB	Turbidez (UNIT)
1	0,5	1	1	2	0	0	1885
2	1	1	1	2	24,6	2	806
3	1,5	1	1	2	23	6	36
4	2	1	1	2	15	10	5
5	2,5	1	1	2	18	8	20
6	3	1	1	2	20,38	4	40

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)

**Tabla 8-3.** Prueba 3 de jarras

n	Dosificación (ml / L)		Observaciones				
	PAC-0 5% (p/v)	Poly-A 0,3% (p/v)	Tiempo de contacto coagulante (min)	tiempo de floculación (min)	tiempo de sedimentación (min)	Índice de WILLCOMB	Turbidez (UNIT)
1	0,5	1,5	1	2	0	0	1754
2	1	1,5	1	2	23,5	2	1653
3	1,5	1,5	1	2	23	6	917
4	2	1,5	1	2	16,43	8	894
5	2,5	1,5	1	2	21	6	1092
6	3	1,5	1	2	26,24	2	1092

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

Fuente. LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS ESPOCH (2015)

### 3.2.4 Optimización del sistema de tratamiento de agua

Una vez determinada la dosificación adecuada para la clarificación del agua y las condiciones necesarias, estos datos deben ser transferidos al sistema de tratamiento de agua realizando los respectivos ajustes, así como la comprobación y verificación del funcionamiento óptimo del resto de las etapas que componen el sistema, partiendo inicialmente de la elaboración de los planos para determinar la capacidad de los tanques y las modificaciones físicas requeridas, se toma en cuenta el caudal determinado inicialmente 153m<sup>3</sup>/h.

#### 3.2.4.1 Cálculo de dosificación de químicos.

- **Coagulante Policloruro de aluminio (PAC- 100)**

$$Q_{D-PAC} = \frac{2mL}{L} \times \frac{153000 L}{h} \times \frac{1h}{3600 s} = 85 \frac{mL}{s} \times \frac{1L}{1000 mL} = 0,085 \frac{L}{s}$$

$$Q_{D-PAC} = \frac{2 mL}{L} \times \frac{153 m^3}{h} \times \frac{1000 L}{m^3} \times \frac{1 L}{1000 mL} = 306 \frac{L}{h} \times \frac{1 m^3}{1000 L} = 0,306 \frac{m^3}{h}$$

- **Floculante poliacrilamida (POLY – A)**

$$Q_{D-Poly A} = \frac{1mL}{L} \times \frac{153000 L}{h} \times \frac{1h}{3600 s} = 42,50 \frac{mL}{s} \times \frac{1L}{1000 mL} = 0,0425 \frac{L}{s}$$

$$Q_{D-Poly A} = \frac{1 mL}{L} \times \frac{153 m^3}{h} \times \frac{1000 L}{m^3} \times \frac{1 L}{1000 mL} = 153 \frac{L}{h} \times \frac{1 m^3}{1000 L} = 0,153 \frac{m^3}{h}$$

#### 3.2.4.2 Cálculo de preparación de químicos. Coagulante Policloruro de aluminio (PAC-100) 5%

$$Cd = \frac{50 Kg}{1000 L Sol.} = \frac{5 Kg}{100 L Sol.}$$

$$V_L = \frac{Cd \times V}{\rho} \quad \text{Ec.3.2.2.2.-1}$$



Dónde:

$V_L$  = volumen del PAC puro

$Cd$  = concentración de solución para dosificar

$V$  = volumen tanque de almacenamiento de PAC 5%

$\rho$  = densidad del PAC puro

$W$  = masa de PAC puro

$$V_L = \frac{\frac{5 \text{ Kg PAC}}{100 \text{ L Sol.}} \times 306 \text{ L}}{\frac{1,32 \text{ Kg PAC}}{1 \text{ L Sol.}}}$$

$$V_L = 11,59 \text{ L PAC puro diluir en } 306 \text{ L}$$

$$W = \rho \times V_L$$

$$W = 11,59 \text{ L} \times 1,32 \text{ Kg/L}$$

$$W = 15,3 \text{ Kg PAC para diluir en } 306 \text{ L}$$

- **Floculante poliacrilamida (POLY – A) 0,3%**

$$Cd = \frac{3 \text{ Kg}}{1000 \text{ L Sol.}}$$

$$V_L = \frac{Cd \times V}{\rho} \text{ Ec.3.2.2.2.-2}$$

Dónde:

$V_L$  = volumen del Poly A puro

$Cd$  = concentración de solución para dosificar

$V$  = volumen tanque de almacenamiento de Poly A 0,3 %

$\rho$  = densidad del Poly A puro

$W$  = masa del Poly A puro

$$V_L = \frac{\frac{3 \text{ Kg Poly A}}{1000 \text{ L Sol.}} \times 153 \text{ L}}{\frac{1,1 \text{ Kg Poly A}}{1 \text{ L Sol.}}}$$

$$V_L = 0,46 \text{ L Poly A puro diluir en } 153 \text{ L}$$

$$W = \rho \times V_L$$

$$W = 0,46 \text{ L} \times 1,1 \text{ Kg/L}$$

$$W = 0,506 \text{ Kg Poly A para diluir en 153 L}$$

### 3.2.4.3 Resultados

**Tabla 9-3.** Resultados de dosificación y preparación de químicos coagulante y floculante

n	Químico	Dosificación	Unidades	Preparación	
				Volumen (L)	Cantidad (Kg)
1	PAC-100	5100	ml/min	306	15,3
		0,085	L/s		
		0,36	m <sup>3</sup> /h		
		306	L/h		
2	Poly-A	2550	ml/min	153	0,506
		0,0425	L/s		
		0,153	m <sup>3</sup> /h		
		153	L/h		

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

### 3.2.4.4 Resultados de Optimización del agua industrial de porcelanato.

Una vez determinada la dosificación adecuada del coagulante y floculante se realizan los respectivos análisis de agua considerando los mismos parámetros que para la caracterización, como se observa en la tabla 13-3 cumpliendo con los límites permisibles establecidos.

**Tabla 10-3.** Resultados de optimización del agua industrial de porcelanato

Ítem	Parámetros	Unidad	Con tratamiento	Límites Permisibles
1	Potencial hidrógeno	~	8,71	6-9
2	*Temperatura	°C	20	< 40
3	Conductividad eléctrica	uS/cm	1 774	
4	*Sólidos Suspendidos	mg/L	2	220
5	Sólidos Totales disueltos	mg/L	1 135	
6	Sólidos Totales	mg/L	825,51	1600
7	Dureza Total	mg/L	329	
8	Turbidez	NTU	< 5	
9	Bario	mg/L	< 0,30	
10	Cromo total	mg/L	< 0,10	0,5

11	Plomo	mg/L	< 0,10	0,5
12	Vanadio	mg/L	< 0,40	
13	Hierro	mg/L	0,05	25
14	*Magnesio	mg/L	9,65	
15	*Mercurio	mg/L	< 0,002	0,01
16	Carbonato de Calcio	mg/L	< 50	
17	*Fosfatos	mg/L	0,3	
18	Sulfatos	mg/L	< 1,0	400
19	*Sólidos Sedimentables	ml/L	< 0,1	20

Elaborado por. HARO, Carla, 2016  
Fuente. LABSU (2015)

### 3.2.4.5 Cálculo del porcentaje de remoción

- Potencial hidrógeno**

Datos:

Antes del tratamiento= 9,26

Después del tratamiento= 8,71

$$x = \frac{9,26 - 8,71}{9,26} * 100$$

$$x = 5,94 \%$$

- Sólidos Suspendidos**

Datos:

Antes del tratamiento= 1364 mg/L

Después del tratamiento= 2 mg/L

$$x = \frac{1364 - 2}{1364} * 100$$

$$x = 99,85 \%$$

- Sólidos Totales**

Datos:

Antes del tratamiento= 5381,55 mg/L

Después del tratamiento= 825,51 mg/L

$$x = \frac{5381,55 - 825,51}{5381,55} * 100$$

$$x = 84,66 \%$$

- Turbidez**

Datos:

Antes del tratamiento= 1940 NTU

Después del tratamiento= 5 NTU

$$x = \frac{1940 - 5}{1940} * 100$$
$$x = 99,74 \%$$

- **Sólidos sedimentables**

Datos:

Antes del tratamiento= 1,1 ml/L

Después del tratamiento= 0,1 ml/L

$$x = \frac{1,1 - 0,1}{1,1} * 100$$
$$x = 90,91 \%$$

- **Plomo**

Datos:

Antes del tratamiento= 0,15 mg/L

Después del tratamiento= 0,10mg/L

$$x = \frac{0,15 - 0,1}{0,15} * 100$$
$$x = 33,33 \%$$

- **Hierro**

Datos:

Antes del tratamiento= 0,06 mg/L

Después del tratamiento= 0,05mg/L

$$x = \frac{0,06 - 0,05}{0,06} * 100$$
$$x = 16,67 \%$$

**Tabla 11-3.** Resultados del porcentaje de remoción

N	Parámetros	Unidad	Sin tratamiento	Con tratamiento	Límites Permisibles	Porcentaje de remoción
1	Potencial hidrógeno	~	9,26	8,71	6-9	5,94
2	Sólidos Suspendidos	mg/L	1364	2	220	99,85

3	Sólidos Totales	mg/L	5381,55	825,51	1600	84,66
4	Turbidez	NTU	1940	5		99,74
5	Plomo	mg/L	0,15	0,1	0,5	33,33
6	Hierro	mg/L	0,06	0,05	25	16,67
7	Sólidos Sedimentables	mg/L	1,1	0,1	20	90,91

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

### 3.2.5 Propuesta

#### 3.2.5.1 Adecuación de tanques de dosificación por gravedad

Actualmente la planta cuenta con cuatro tanques los mismos que no cuentan con las características adecuadas para generar la dosificación de los químicos, por lo cual se re diseñan con la finalidad de optimizar los costos y la eficiencia de la misma.

- **Calculo de inclinación del tanque**

Se considera el 5% de la altura total del tanque

$$H = 110 \text{ cm}$$

$$h_i = H * 0,05$$

$$h_i = 110 \text{ cm} * 0,05$$

$$h_i = 5,5 \text{ cm}$$

- **Cálculo del área de la sección inclinada del tanque**

$$A_{si} = \frac{h_i \times a}{2} \quad \text{Ec- 3.2.5.1.-1}$$

**Dónde:**

$A_{si}$  = Área de la sección inclinada

$h_i$  = altura de inclinación

$a$  = ancho de tanque

$$A_{si} = \frac{5,5 \text{ cm} \times 96 \text{ cm}}{2}$$

$$A_{si} = 264 \text{ cm}^2$$

$$A_{si} = 264 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{100^2 \text{ cm}^2} = 0,0264 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de volumen de la sección inclinada del tanque**

$$V_{si} = A_{si} \times b \text{ Ec- 3.2.5.1.-2}$$

Donde:

$V_{si}$  = Volumen de la sección inclinada

$A_{si}$  = Área de la sección inclinada

b = Largo de tanque

$$V_{si} = 0,0264 \text{ m}^2 \times 0,96 \text{ m}$$

$$V_{si} = 0,02534 \text{ m}^3$$

- **Cálculo de volumen de la sección rectangular del tanque**

$$V_{sr} = h_{sr} \times a \times b \text{ Ec- 3.2.5.1.-3}$$

Donde:

$V_{sr}$  = Volumen de la sección inclinada

$h_{sr}$  = altura de la sección rectangular

a = ancho de tanque

b = Largo de tanque

$$V_{sr} = 0,94 \text{ m} \times 0,96 \text{ m} \times 0,96 \text{ m}$$

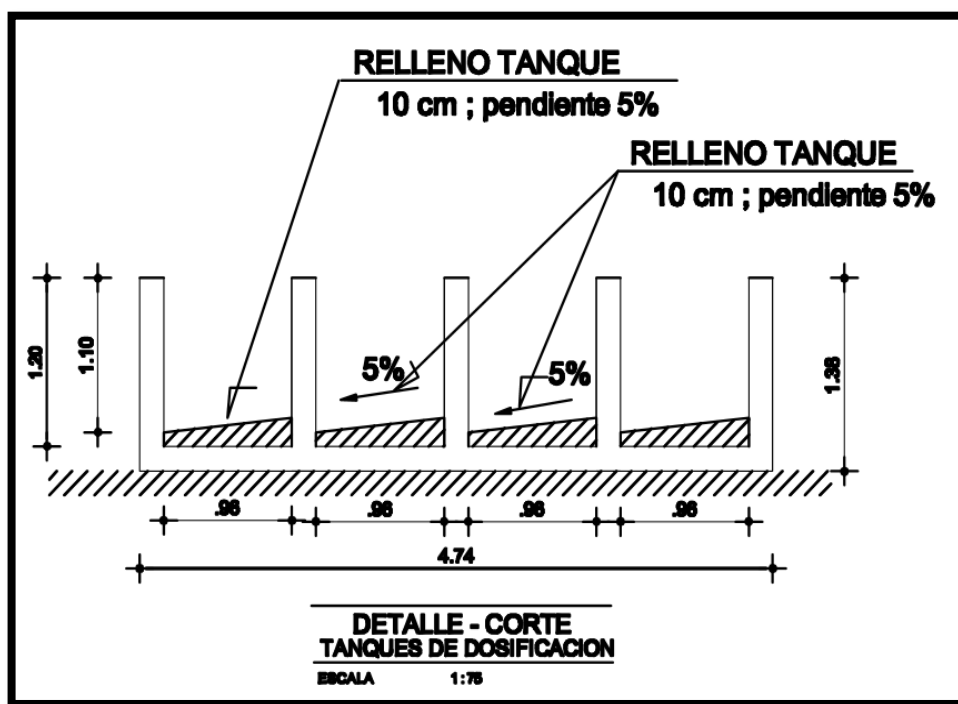
$$V_{sr} = 0,865 \text{ m}^3$$

- **Volumen total del tanque**

$$V_t = V_{si} + V_{sr} \text{ Ec- 3.2.5.1.-4}$$

$$V_t = 0,02534 \text{ m}^3 + 0,865 \text{ m}^3$$

$$V_t = 0,890 \text{ m}^3$$



**Ilustración 4-3.** Diseño de tanques de dosificación por gravedad

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

**Tabla 12-3.** Resultados tanque de dosificación por gravedad

n	Parámetros	Valor	Unidades
1	Inclinación	5	%
2	Altura total	110	cm
3	Área sección inclinada	0,0264	m <sup>2</sup>
4	Volumen sección inclinada	0,0253	m <sup>3</sup>
5	Volumen sección rectangular	0,865	m <sup>3</sup>
6	Volumen total	0,89	m <sup>3</sup>
7	Atura de seguridad	8,5	cm

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

Adicional a las modificaciones en la estructura se debe aplicar un recubrimiento a los tanques de pintura epóxica para garantizar la durabilidad de los tanques debido a que el químico que aplicamos es altamente corrosivo así como el correcto manejo y uso del equipo de protección mascarilla, guantes y gafas de protección al prepararlos.

### 3.2.5.2 Cálculo del tiempo de duración de los químicos a dosificar

- **COAGULANTE POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC- 100)**

$$V_t = 0,890 \text{ m}^3 \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 890 \text{ L}$$

$$T = \frac{V_t}{Q_{PAC}} \text{ Ec- 3.2.5.2.-1}$$

Donde:

$T = \text{Tiempo de duracion}$

$V_t = \text{Volumen del tanque}$

$Q_{PAC} = \text{Caudal del PAC} - 100$

$$T = \frac{890 \text{ L}}{5,10 \frac{\text{L}}{\text{min}}}$$

$$T = 174,5 \text{ min} = 2 \text{ h } 54 \text{ min}$$

- **FLOCULANTE POLIACRILAMIDA (POLY – A)**

$$T = \frac{V_t}{Q_{Poly A}} \text{ Ec- 3.2.5.2.-2}$$

Donde:

$T = \text{Tiempo de duracion}$

$V_t = \text{Volumen del tanque}$

$Q_{Poly A} = \text{Caudal del Poly A}$

$$T = \frac{890 \text{ L}}{2,55 \frac{\text{L}}{\text{min}}}$$

$$T = 349,02 \text{ min} = 5 \text{ h } 49 \text{ min}$$

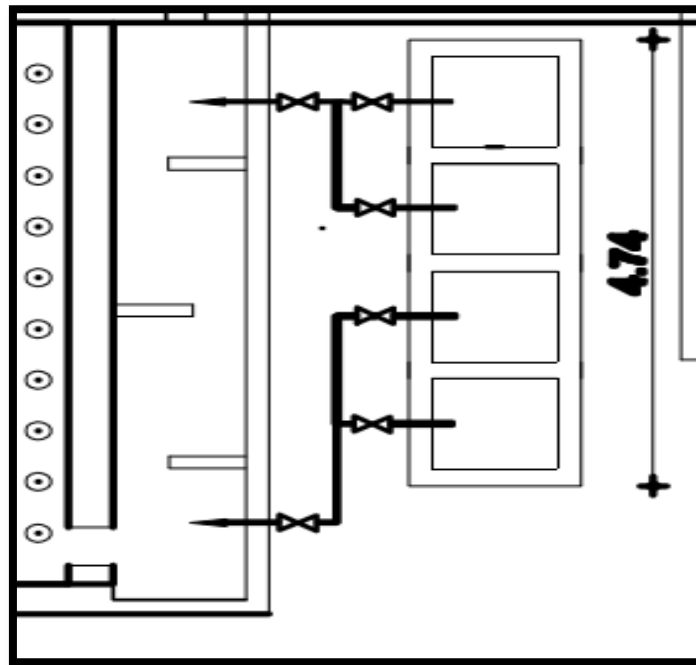
**Tabla 13-3.** Resultados del tiempo de duración

n	Químico	Volumen Total (L)	Tiempo de duración
1	PAC-100	890	2h 54 min
2	Poly-A	890	5h 49min

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*



Los tanques se dividen 2 para la dosificación de PAC-100 y 2 para la dosificación de Poly-A para así tener un intervalo de preparación de 2h y de 5h respectivamente para que la dosificación sea aplicada de forma continua evitando la paralización del proceso debido a la falta de químico para la misma, adicional se implementará 6 válvulas de compuerta de acero inoxidable (3 para cada sistema de dosificación) para regular la válvula final de salida y poder manipular las otras dos válvulas que se encuentran a la salida de los tanque.



**Ilustración 5-3.** Disposición de válvulas en el tanque de dosificación  
*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

### 3.2.5.3 Cálculo de malla en el canal de recolección

Debido al tamaño de partícula y la velocidad de sedimentación que presenta el material particulado de 0,850-0,425mm es recomendable implementar una malla de acero inoxidable que garantice la retención para así evitar la acumulación en la tubería y facilitando la limpieza de los tanques.

$$\text{Sen } \alpha = \frac{y}{x} \text{ Ec. 3.2.5.3-1}$$

Donde:

$\alpha$ = ángulo de inclinación (45°)

x= Hipotenusa

y= Cateto opuesto (0,39m)

$$\text{Sen } 45^\circ = \frac{0,39m}{x}$$

$$x = \frac{0,39 \text{ m}}{\text{Sen } 45^\circ} = 0,55m$$

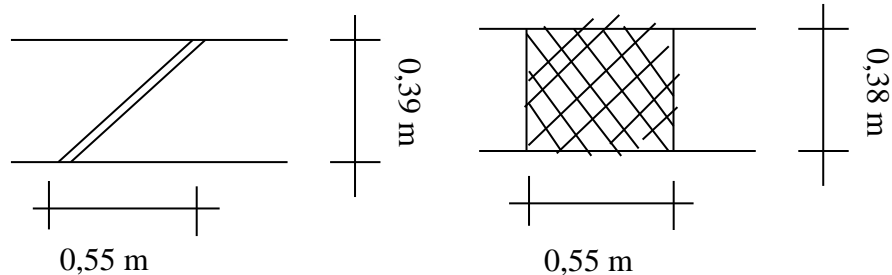
**Tabla 14-3.** Resultados malla de acero inoxidable

Parámetro	Valor	Unidad
Inclinación	45	Grados
Ancho	0,38	m
Largo	0,55	m
Abertura	0,472	mm

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

Vista lateral del canal de recolección

Vista superior del canal de recolección



**Ilustración 6-3.** Diseño y ubicación de la malla

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

### 3.2.6 Análisis y discusión de resultados

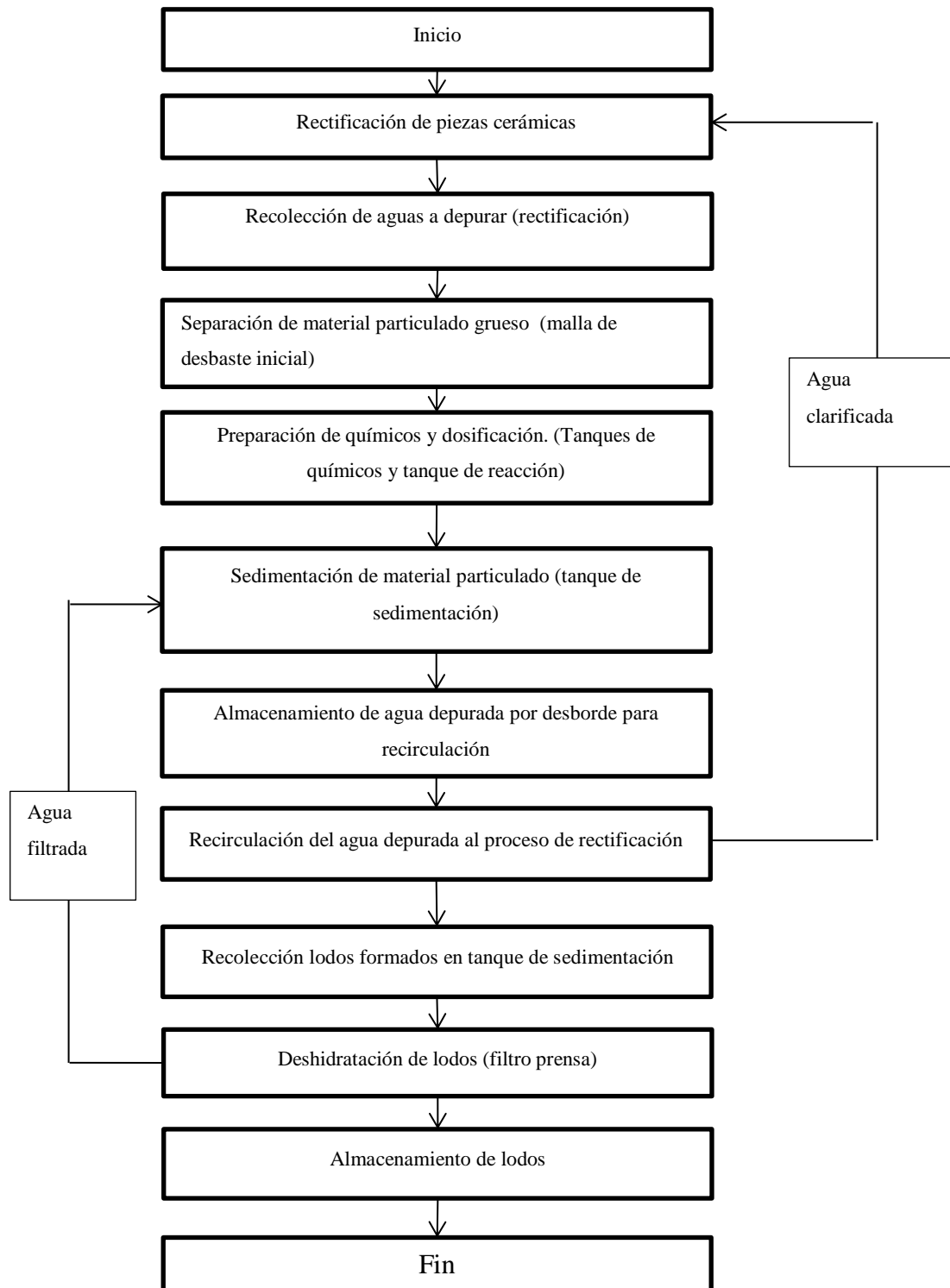
Mediante la caracterización físico- química del agua cruda se terminó que los parámetros que no cumplen con los Límites permisibles establecidos en la Tabla 8 del Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA) son: Potencial hidrogeno, Solidos suspendidos, Solidos totales y la turbiedad que aunque no se encuentra establecido un límite es un parámetro de suma importancia para medir la clarificación del agua, sin embargo estos parámetros cumplen con los límites con una dosificación adecuada de coagulante químico y floculante químico, lo cual es determinado a nivel de laboratorio realizando la prueba de jarras.

En la prueba de jarras, el coagulante a utilizar es el Policloruro de aluminio y el floculantes Poliacrilamida con los cuales realizando diferentes pruebas a diferentes concentraciones, se obtenemos la dosificación adecuada para el mejoramiento de la calidad del agua, esto se puede apreciar en los siguientes resultados: 15,3 Kg/h y 0,506 Kg/h respectivamente, dando resultados al reducir la turbiedad del agua a 5 NTU y formando flóculos de fácil sedimentación de 3 - 4,5 mm.

Una vez aplicada la optimización se realiza la caracterización del agua para obtener el porcentaje de remoción, considerando los resultados antes y después del tratamiento para cada parámetro, los porcentajes de remoción para el potencial hidrógeno es 5,94%, para los sólidos suspendidos 99,85%, para los sólidos totales 84,66% y para la turbidez 99,74%. Evidenciando que debe existir una mejora en el proceso con la colocación de la malla en la canaleta de recolección para retener el material particulado que posee un diámetro de entre 0,850 mm y 425 mm, y la re adecuación de los tanques de dosificación por gravedad para poder realizar la dosificación adecuada del químico coagulante y floculante.

Por lo expuesto anteriormente, se obtiene una mejoría importante en el rendimiento de la planta, principalmente con la dosificación de los químicos, controlando los parámetros que se encontraban fuera de norma.

### 3.3 Proceso de producción.



**Ilustración 7-3.** Diagrama del proceso de clarificación del agua.  
*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

Las aguas residuales industriales generadas en el proceso de rectificación es un problema que cada vez adquiere mayor importancia en relación a su depuración, ya que la demanda hídrica es bastante elevada por lo cual las aguas a depurar deben ser tratadas.

### **3.3.1 Rectificación de las piezas cerámica**

- **Calibración**

En el sentido de nivelación superficial, que se permite uniformar los espesores de las baldosas naturales en función de las necesidades. Los mandriles en los cuales están sujetos los rodillos diamantados hacen trabajar los útiles de rectificación y deben estar provistos de una regulación vertical para facilitar el posicionamiento del rodillo a la justa altura de trabajo a través de la visualización.

Normalmente, los mandriles también cuentan con un sistema neumático que permite mantener constante la presión sobre las piezas y de auto levantarse del plano de la baldosa, cuando se producen interrupciones de línea, y de reposicionarse automáticamente cuando esta vuelve a arrancar. Los rodillos diamantados deben tener una buena capacidad cortante, para poder trabajar con baja presión sobre las baldosas y, por tanto, minimizar los riesgos de rotura debidos a la fragilidad intrínseca del material.

La operación de calibración deja una superficie rayada por micro surcos, debido a la acción de los cristales de diamante de grana grande con los que han sido equipados los rodillos. Es la fase crítica de cara a los objetivos de calidad del producto y de la productividad de la línea; la velocidad de paso es de 6 a 7 m/min.

- **Desbaste- rectificación**

El objetivo de esta fase es la eliminación de rugosidad superficial introducida con la calibración. Se suele efectuar en la primera sección de la máquina que realiza también el pulido. Las velocidades de avance van de 5 a 10 m/min, en función de los materiales, de la eliminación del material, de los formatos y de la tipología de la línea.

- **Pulido**

El objetivo del pulido es el refinado de espejo de la superficie sin rayas, sombras y señales de elaboración. Normalmente se efectúa en la segunda sección de la máquina que realiza también el desbaste – rectificación. Las velocidades de avance van de 6 a 7 m/ min.

- **Cuadratura-biselado**

Se trata de un sistema combinado de mandriles calibradores tangenciales que efectúan la calibración y eliminan retazos de la baldos por lado, calibradores frontales los cuales igualan la rugosidad generada por los tangenciales y biseladores inclinados equipados de útiles diamantados que sirven para eliminar el canto vivo en el lado de la cara vista de la baldosa y con Angulo de inclinación de 45°. La velocidad de avance es de 10 a 15 /min

### **3.3.2 Tratamientos de aguas residuales**

El tratamiento del agua es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua residual con el fin de remover o reducir sus contaminantes y lograr que sus características físicas y químicas cumplan las especificaciones contenidas en las normas que regulan la materia. Una de las primeras consideraciones dentro del sistema de tratamiento de agua es el caudal de recirculación que este tiene 153 m<sup>3</sup>/h

- **Recolección del agua a depurar.**

El volumen de recolección es de 0,84 m<sup>3</sup>, la longitud es de 15,84 m y el ancho es de 0,38 m, la canaleta cumple con la finalidad de recolectar el agua a depurar provenientes del proceso de rectificación.

- **Separación de material particulado grueso (malla de desbaste).**

Malla ubicada al final del canal de recolección con una inclinación de 45° para permitir la retención del material de mayor diámetro (0,85 y 0,426 mm) facilitando de esta forma la limpieza y el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento de agua.

- **Preparación de químicos y dosificación (tanque de químicos).**

Tanques dispuestos para la preparación del floculante y coagulante respectivamente, los mismos que cuentan con una capacidad de 306 L y una caída del 5% además de válvulas de compuerta óptimas para la dosificación por gravedad, los tanques deben tener un sistema de aireación para facilitar la homogenización así como un correcto sistema hermético para evitar su contaminación. El químico es dosificado en el tanque de reacción el mismo que consta de 3 deflectores que incrementan el tiempo de residencia del agua 1,23 min y la presencia de difusores de aire para facilitar la mezcla rápida de los químicos para generar la clarificación del

agua, capacidad de 2,48 m<sup>3</sup>, tanque en el que como su nombre lo dice se desarrolla la aglomeración de las partículas debido al coagulante químico y posterior la floculación que favorece el acrecentamiento de los agregados, al final de este tanque ingresa nuevamente el agua filtrada generada en el filtro prensa con un caudal de 6,7 L/s agua que presenta características optimas y a su vez genera la turbulencia necesaria para dar lugar a la formación de los flóculos. Posterior al tanque de reacción se encuentra el canal de agua floculada punto donde se verifica la formación de los aglomerados que van de 3-4,5 mm de diámetro, este canal cuenta con 10 orificios de 4" de diámetro distribuidas en la base de todo el canal y un tabique difusor de concreto para evitar la transmisión de la turbulencia generada en el tanque de reacción para lograr la mezcla rápida de los químicos al tanque de sedimentación, tiene una capacidad 1,43 m<sup>3</sup>

**Tabla 15-3.** Parámetros de agua de recirculación del filtro prensa

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
pH	Unid	7,76
Temperatura	°C	19,3
Conductividad	mS/cm	2,23
Sólidos totales disueltos	g/L	1,20
Dureza	mg/L	840
Turbiedad	UNT	63,5
Alcalinidad	mg/L	100
Caudal	L/s	6,7

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

*Fuente. LABORATORIO DE AGUAS ESPOCH, 2015*

- **Sedimentación del material particulado (tanque de sedimentación)**

Tanque que cuenta con una capacidad de 259,32 m<sup>3</sup>, cumple con la finalidad de que el agua repose para facilitar el proceso de clarificación del agua separando el material particulado o solido que le da la turbiedad al agua a depurar logrando la clarificación que mediante el proceso de rebose por tres canaletas dentadas pasa a un tanque de almacenamiento de agua clarificada.

- **Almacenamiento de agua depurada por desborde para recirculación.**

El almacenamiento del agua se lo realiza en un tanque con una capacidad de 60,66 m<sup>3</sup>, tanque específico para la recolección del agua clarificada para recirculación, cuenta con dos bombas de succión cada una con una capacidad de 153 m<sup>3</sup>/h, estas bombas trabajan de forma constante ya que la capacidad total de la planta es de 377,73 m<sup>3</sup> que se mantienen en constante recirculación.

- **Recolección de lodos (bombas sumergibles en pasarela).**

El sistema de recolección se encuentra ubicado en el tanque de sedimentación consta de 3 bombas sumergibles dispuestas en una plataforma pasarela móvil con un caudal de 6,41 L/s de succión de cada una, estas se encargan de succionar los sólidos que sedimentan en el tanque sedimentador, logrando eliminar los lodos que se encuentran sedimentados al fondo del tanque evitando la generación de turbulencia para evitar la suspensión del material sedimentado, este proceso se lo debe realizar de forma constante debido a la cantidad de lodos que se generan ya que se debe considerar que de cada litro de agua tratada el 15% se considera lodos sedimentables y el 85% agua clarificada, es decir que cada hora se forma  $22,95\text{m}^3$  de material sedimentado. Estos lodos son recolectados por una canaleta de recolección que se e encarga de transportar los lodos succionados por las bombas de pasarela al tanque de lodos para su posterior tratamiento la misma que se encarga del almacenamiento de agua con lodos, presenta una forma cónica con una capacidad de  $53,84\text{ m}^3$  lo cual permite con mayor facilidad la sedimentación de los lodos a interior del mismo permitiendo así que los lodos sedimenten y sean succionados mediante bomba de succión al filtro prensa donde pasan a ser deshidratados.

- **Deshidratación de lodos (filtro prensa)**

La deshidratación de los lodos se desarrolla en el filtro prensa el mismo que cuenta con 47 placas, y una bomba de succión de  $2\text{ kg/cm}^2$ , esta bomba deshidrata los fangos generados en el tanque de lodos formando así tortas de 27 Kg posterior a la succión que se realiza por media hora dependiendo de la cantidad de lodos generados y recolectados, de este proceso se obtienen como resultados dos componentes, lodo y agua filtrada esta regresa al tanque de reacción para continuar con el proceso de clarificación.

- **Almacenamiento de lodos.**

Área dispuesta en la parte inferior del filtro prensa en donde se recolecta 1296 Kg con una humedad del 34% de sólidos posterior a la limpieza de las placas del filtro prensa, estos lodos se encuentran dispuestos en un área de almacenamiento donde se secan por completo y pueden ser empleados en el proceso de elaboración del material en un 2-3%.

### **3.4 Requerimientos de tecnología, equipo y maquinaria**



Al encontrarse el sistema de tratamiento de agua ya construido, esta requiere de modificaciones para tener las condiciones deseadas para que se logre cumplir con la correcta depuración del agua y a su vez el mantenimiento de los equipos e instalaciones que se encuentran instaladas actualmente, generando de esta manera gastos por la adquisición de reactivos, personal de mantenimiento, mano de obra para la puesta en marcha y para la modificación y adaptación de



componentes necesarios en el sistemas como: adaptación de los tanques de dosificación, implementación de una malla de acero inoxidable para retención de sólidos en el canal de recolección.

El Sistema de tratamiento de aguas residuales de porcelanato cuenta con las siguientes unidades accesorias que permiten dar cumplimiento a la calidad deseada de agua de recirculación:

n	Equipos	Descripción	Fotografías
1	<b>Bomba de succión de recirculación</b>	<p>Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incompresible. El fluido entra por el centro del rodete o impulsor, el que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba. Debido a la geometría del cuerpo, el fluido es conducido hacia las tuberías de salida con una presión de 12,5 Bar y una capacidad de 153 m<sup>3</sup>/h</p>	
2	<b>Bombas sumergibles en pasarela de recolección de lodos.</b>	<p>La bomba sumergible consta de una bomba y un motor eléctrico que forman una unidad cerrada, adecuada para instalación sumergida en una fosa húmeda que contiene el líquido de bombeo. La bomba sumergible puede conectarse a la tubería de impulsión con una conexión de descarga especial en el fondo de la fosa húmeda para facilitar su instalación y desmontaje, o puede instalarse conectada mediante una manguera flexible u otros dispositivos a las tuberías de impulsión.</p> <p>La unidad recibe corriente mediante uno o más cables flexibles, suministrados con la bomba en longitudes adecuadas para la instalación. En el sistema de tratamiento de agua actual se encuentran 3 bombas distribuidas en una pasarela móvil que recorre todo el tanque de sedimentación succionando los lodos sedimentados al fondo del tanque con un caudal de 6,4 L/s de cada bomba.</p>	 

3	<b>Bomba de diafragma</b>	<p>Requieren de un suministro de aire comprimido para funcionar con una presión de 2-2,5 Bar de presión máxima esta bomba se emplea para la succión de lodos con dos tubos de 3" y con una tubería de 3" para la descarga del fluido al tanque de reacción y con una presión de 90 psi. El funcionamiento de las bombas de membrana está basado fundamentalmente en la acción conjunta de cuatro elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un par de membranas.</li> <li>• Un eje que los une.</li> <li>• Una válvula distribuidora de aire.</li> <li>• Cuatro válvulas de esfera.</li> </ul> <p>El movimiento alternativo de las membranas genera la succión y la impulsión del producto a través de las válvulas. Este movimiento es producido por aire comprimido, el cual es distribuido a una membrana u otro por la válvula de aire.</p>	
4	<b>Filtro prensa</b>	<p>Maquina integrada avanzada de separación, está compuesta de: armazón de la máquina, filtro (placa de filtro armazón, tela filtrante) placa e tracción sistema hidráulico y sistema eléctrico. Cuando la maquina está en funcionamiento el pistón en el cilindro de aceite empuja presionando la placa para filtrar la placa de filtro y la tela filtrante entre la placa de presión y la placa de empuje, asegurando lodo prensado y filtrado en la cámara.</p>	

**Ilustración 8-3.** Equipos y maquinaria empleada en el sistema de tratamiento de agua de recirculación.

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

### 3.5 Análisis de Costo.

#### 3.5.1 Costo de operación.

- **Coagulante PAC-100**

$$\frac{15,3 \text{ Kg PAC}}{h} \times \frac{20 h}{1 \text{ dia}} = 306 \frac{\text{Kg PAC}}{\text{dia}}$$

$$\frac{306 \text{ Kg PAC}}{\text{dia}} \times \frac{8,4 \$}{1 \text{ Kg PAC}} = 2570 \frac{\$}{\text{dia}}$$

- **Floculante Poly A 0,3%**

$$\frac{0,506 \text{ Kg Poly A}}{h} \times \frac{20 h}{1 \text{ dia}} = 10,12 \frac{\text{Kg Poly A}}{\text{dia}}$$

$$\frac{10,12 \text{ Kg Poly A}}{\text{dia}} \times \frac{1,23 \$}{1 \text{ Kg Poly A}} = 12,45 \frac{\$}{\text{dia}}$$

**Tabla 16-3.** Resultado de los costos de operación

n	QUÍMICO	Dosificación (kg/h)	Costo (\$/Kg)	Costo (\$/día)	Costo total(\$/día)
1	PAC 5%	15,3	8,40	2570	2841,13
2	Poly A 0,3%	0,506	1,23	12,45	

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

Se debe considerar que los costos de operación se reducirán a la mitad ya que al tratarse de agua de recirculación la dosificación del químico disminuirá debido a que se realiza de forma constante y que el agua cumple un ciclo cerrado, por lo que se recomienda realizar ensayos para determinar la dosificación y la regulación de las válvulas.

### 3.5.2 Costo de implementación.

Los costos detallados a definición son los estimados en función a la propuesta de las mejoras físicas que se requieren en el Sistema de Tratamiento de Agua actual, considerados como costos bajos ya que al realizarlos garantizamos la calidad de agua de producción disminuyendo pérdidas en la producción o en los equipos de rectificación.

**Tabla 17-3.** Análisis de costos unitarios para relleno y caída de tanques de dosificación.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-

RUBRO : Hormigón Simple F'c =210 kg/m2 (en relleno)

UNIDAD: m3

ITEM : 01

FECHA : 2015/12/10

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Herramienta Menor 0% de M.O.						0,00
HERRAMIENTA MANUAL		1,00	0,50	0,50	27,58	13,79
<b>SUBTOTAL M</b>						13,79
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/HR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
CATEGORIA I	I	11,00	3,26	35,86	1,00	35,86
CATEGORIA III	III	6,00	3,30	19,80	1,00	19,80
CATEGORIA IV	IV	1,00	3,30	3,30	1,00	3,30
<b>SUBTOTAL N</b>						58,96
<b>MATERIALES</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>		<b>COSTO</b>
CEMENTO		KG	360,50	0,15		54,08
MACADAN		M3	0,65	15,00		9,75
RIPIO TRITURADO		M3	0,95	15,00		14,25
AGUA		M3	0,22	0,50		0,11
TABLA DE ENCOFRADO		u	6,00	2,20		13,20
PINGOS		m	6,00	0,70		4,20
TIRAS DE MADERA		u	3,00	1,80		5,40
CLAVOS 2 Y 2 1/2"		kg	1,50	1,70		2,55
<b>SUBTOTAL O</b>						103,54
<b>TRANSPORTE</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC. TRANSP.</b>		<b>COSTO</b>
<b>SUBTOTAL P</b>						0,00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>						176,29
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>					15,00	26,44
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>						202,73
<b>VALOR ADOPTADO</b>						<b>202,73</b>

OBSERVACIONES:

SON: DOSCIENTOS DOS DÓLARES CON SETENTA Y TRES CENTAVOS

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

**Tabla 18-3.** Análisis de precios unitarios para tubería e instalación

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-

RUBRO : Tuberia Pvc 1" e instalación

UNIDAD: ml

ITEM : 02

FECHA : 2015/12/10

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Herramienta Menor 0% de M.O.						0,00
<b>SUBTOTAL M</b>						0,00
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/HR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Ayudante de Plomero	E2	1,00	3,26	3,26	0,65	2,12
Plomero	D2	1,00	3,30	3,30	0,65	2,15
<b>SUBTOTAL N</b>						4,27
<b>MATERIALES</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>		<b>COSTO</b>
Tubo pvc 1" x 6m.		u	0,17	25,86		4,32
Accesarios pvc 1"		u	0,50	1,50		0,75
PERMATEx TUBO 11 ONZAS		u	0,02	2,50		0,05
<b>SUBTOTAL O</b>						5,12
<b>TRANSPORTE</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC. TRANSP.</b>		<b>COSTO</b>
<b>SUBTOTAL P</b>						0,00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>						9,39
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>					15,00	1,41
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>						10,80
<b>VALOR ADOPTADO</b>						<b>10,80</b>

OBSERVACIONES:

SON: DIEZ DÓLARES CON OCHENTA CENTAVOS

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

**Tabla 19-3.** Análisis de precios unitarios para instalación de válvulas de acero inoxidable.

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-

RUBRO : Instalación valvulas 1" de acero inoxidable

UNIDAD: u

ITEM : 03

FECHA : 2015/12/10

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Herramienta Menor 0% de M.O.						0,00
<b>SUBTOTAL M</b>						0,00
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/HR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
AYUDANTE DE PLOMERO	E2	1,00	3,26	3,26	0,50	1,63
PLOMERO	D2	1,00	3,30	3,30	0,50	1,65
<b>SUBTOTAL N</b>						3,28
<b>MATERIALES</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>		<b>COSTO</b>
VALVULA COMP. DE AC. INOX 1"		U	1,00	28,56		28,56
<b>SUBTOTAL O</b>						28,56
<b>TRANSPORTE</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC. TRANSP.</b>		<b>COSTO</b>
<b>SUBTOTAL P</b>						0,00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>						<b>31,84</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>					15,00	<b>4,78</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>						<b>36,62</b>
<b>VALOR ADOPTADO</b>						<b>36,62</b>

OBSERVACIONES:

SON: TREINTA Y SEIS DÓLARES CON SESENTA Y DOS CENTAVOS

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

**Tabla 20-3.** Análisis de precios unitarios para adquisición e instalación de malla de acero inoxidable

#### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-

RUBRO : Adquisición e instalacion de Malla aero inox.

UNIDAD: m2

ITEM : 04

FECHA : 2015/12/10

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Herramienta Menor 0% de M.O.						0,00
<b>SUBTOTAL M</b>						0,00
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/HR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
AYUDANTE DE ALBAÑIL	E2	1,00	3,26	3,26	0,20	0,65
ALBAÑIL	D2	1,00	3,30	3,30	0,20	0,66
<b>SUBTOTAL N</b>						1,31
<b>MATERIALES</b>			<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>COSTO</b>
MALLA ACERO INOXI.			U	1,00	31,76	31,76
<b>SUBTOTAL O</b>						31,76
<b>TRANSPORTE</b>			<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC. TRANSP.</b>	<b>COSTO</b>
<b>SUBTOTAL P</b>						0,00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>						<b>33,07</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>					15,00	<b>4,96</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>						<b>38,03</b>
<b>VALOR ADOPTADO</b>						<b>38,03</b>

OBSERVACIONES:

SON: TREINTA Y OCHO DÓLARES CON TRES CENTAVOS

Elaborado por. HARO, Carla, 2016

**Tabla 21-3.** Análisis de precios unitarios para pintura epóxica

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-

RUBRO : Pintura epoxica

UNIDAD: m2

ITEM : 05

FECHA : 2015/12/10

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Herramienta Menor 5% de M.O.						0,11
HERRAMIENTA MANUAL		1,00	0,50	0,50	0,520	0,26
<b>SUBTOTAL M</b>						0,37
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/HR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
AYUDANTE DE PINTOR	E2	1,000	3,26	3,26	0,330	1,08
PINTOR	D2	1,000	3,30	3,30	0,330	1,09
<b>SUBTOTAL N</b>						2,17
<b>MATERIALES</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>		<b>COSTO</b>
PINTURA EPOXICA +SOLVENTES		GL	0,100	69,17		6,92
LJJA		U	0,200	0,50		0,10
<b>SUBTOTAL O</b>						7,02
<b>TRANSPORTE</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC. TRANSP.</b>		<b>COSTO</b>
<b>SUBTOTAL P</b>						0,00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>						9,56
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>					15,00	1,43
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>						10,99
<b>VALOR ADOPTADO</b>						<b>10,99</b>

OBSERVACIONES:

SON: DIEZ DÓLARES CON NOVENTA Y NUEVE CENTAVOS

Elaborado por. HARO, Carla, 2016



**Tabla 22-3.** Detalle de rubros y costos

**PROYECTO:** OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

**UBICACION:** ECUACERAMICA-RIOBAMBA

**OFERENTE:** CARLA HARO

**FECHA:** 10/12/2015

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS					
RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
01	Hormigón Simple F'c =210 kg/m2 (en relleno)	m3	0,65	202,73	131,77
02	Tubería Pvc 1" e instalación	m	7,70	10,80	83,16
03	Instalación valvulas 1" de acero inoxidable	u	6,00	36,62	219,72
04	Aquisición e instalacion de Malla aero inox.	m2	1,00	38,03	38,03
05	Pintura epoxica	m2	17,00	10,99	186,83
<b>TOTAL:</b>					659,51

SON : SEIS CIENTOS CINCUENTA Y NUEVE, 51/100 DÓLARES

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

### 3.5.3 Cronograma de ejecución del proyecto

**Tabla 23-3.** Cronograma De Actividades

ACTIVIDADES	TIEMPO																							
	1ER MES				2DO MES				3ER MES				4TO MES				5TO MES				6TO MES			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Identificación del estado actual de planta	■	■	■	■																				
Toma de mediciones reales y elaboración de planos			■	■																				
Determinación del caudal					■																			
Muestreo de aguas residuales					■																			
Caracterización de agua residual en el laboratorio						■	■																	
Pruebas de ensayo a nivel de laboratorio								■	■	■	■													
Análisis y determinación de tratamiento										■	■	■												
Identificación y cálculo de químicos para dosificación											■	■												
Cálculo e identificación de condiciones y adecuaciones de la planta													■	■	■									
Prueba a nivel de planta																■	■	■	■	■				
Elaboración de manuales de manejo y mantenimiento de la planta																					■	■		
Capacitación de operadores para el funcionamiento de la planta																						■	■	■

*Elaborado por. HARO, Carla, 2016*

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Acorde a la caracterización del agua cruda procedente del proceso de rectificación se identificó que tres parámetros no cumplen con los límites permisibles establecidos en la Tabla 8. Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público del Anexo1 del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTAL (TULSMA) el pH con 9,26, Sólidos Totales con 5381,55 mg/L y Sólidos suspendidos con 1364 mg/L, sin dejar de lado a la turbidez con un valor de 1940 NTU parámetro cuantitativo que se ha considerado importante al momento de determinar la calidad del agua.
- El sistema de tratamiento de agua cumple con un ciclo cerrado de recirculación el cual se encuentra formado por 7 etapas: recolección, captación, coagulación floculación, sedimentación, recolección y recirculación de agua tratada, almacenamiento y tratamiento de lodos, las mismas que se encuentran detalladas en la Ilustración 1 donde se especifica sus componentes y la capacidad que posee cada una de ellas.
- Con la determinación del diámetro de partícula que varía de 0,850 mm a diámetros menores de 0,038mm y la velocidad de sedimentación que va de  $2,81 \times 10^{-2}$  m/s a  $2 \times 10^{-4}$  m/s se identificó que este material coloidal es el que genera la turbiedad del agua por lo cual es necesaria la aplicación de químicos coagulante y floculante para lograr el acrecentamiento de las partículas y la formación de flóculos de mayor tamaño para lograr la sedimentación del material particulado y por ende la clarificación del mismo.
- Mediante pruebas de jarras se determinó que los químicos a emplearse son Policloruro de Aluminio (PAC-100) y una Poliacrilamida inorgánica a base de sales de aluminio polimerizadas (Poly-A) con una dosificación de 15,3 Kg/h y 0,506 Kg/h respectivamente, valores que reducirán posterior al inicio del tratamiento debido a que el agua inicial presenta un alto nivel de contaminación por las varias pruebas y ensayos erróneos realizados para lograr clarificar el agua
- Con la dosificación de coagulante y floculante químicos determinado mediante prueba de jarras todos los parámetros analizados en el agua tratada cumplen con los límites permisibles establecidos en la Tabla 8. Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público del Anexo1 del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL (TULSMA) logrado obtener un porcentaje de remoción del 5,94% de pH, 99,85% de sólidos suspendidos, 84,66% de sólidos totales y del 99,74% de turbiedad.

- La modificación y adaptación del relleno establecidas en la tabla 16-3, inclinación e instalación de válvulas contribuirá a la adecuada dosificación por gravedad y mezcla del coagulante y floculante químico, mejorando el proceso de clarificación y dando lugar al cumplimiento del sistema de tratamiento de agua de recirculación.

## **4.2 Recomendaciones**

Al finalizar este estudio se recomienda:

- Es necesario verificar que el rango de pH del agua cruda se encuentre en los parámetros requeridos para el tratamiento 6-9, proceso que deberá llevarse a cabo por el personal técnico de la planta.
- Verificar por parte del personal técnico que la regulación de las válvulas de dosificación sea la correcta para evitar que se genere una dosificación inadecuada de los químicos establecidos que generen la saturación del agua.
- Realizar pruebas de jarras para verificar que la dosificación dentro del ciclo cerrado de recirculación sea la adecuada, hasta que esta permanezca estable debido que al cumplirse el sistema de ciclo cerrado la dosificación de los químicos establecidos disminuirá hasta lograr la estabilidad del agua.
- Efectuar el mantenimiento y limpieza adecuada del sistema de tratamiento para evitar la acumulación de material particulado y mejorar la calidad del agua.
- Utilizar equipos de protección personal para evitar posibles accidentes durante la operación del sistema de tratamiento.
- Realizar capacitaciones periódicas al personal para que adquiera nuevos conocimientos y los implante en sus respectivas áreas de trabajo.
- Realizar análisis mensuales de los parámetros que se identificaron fuera de los límites establecidos acorde a la norma establecida.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **5.1 Libros**

- Kemmer F. N., McCallion J. (1989). MANUAL DEL AGUA Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Mexico: McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. España: (3a ed.). McGraw-Hill. (Vols. I - II) pp.53- 101
- Romero, J. (2001). Tratamientos de aguas residuales. Colombia: (1ª ed.). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SACMI. (2004). Tecnología Cerámica Aplicada. España: (1ª ed.). Copyright (Vol. 2).
- TULSMA. Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Quito- Ecuador: sn, 2015, pp, 21
- Valencia, J. A. (2000). Teoria y practica de la pirificacion del agua (Vol. I). Santa Fe de Bogota, Colombia: McGraw-Hill.

### **5.2 Artículos Electrónicos**

- AMBIENTUM. (2002). Clasificación de aguas residuales industriales. Recuperado el 08 de 04 de 2015, de ambientum.com: [http://www.ambientum.com/revista/2002\\_22/CLS FCCNG3.asp](http://www.ambientum.com/revista/2002_22/CLS FCCNG3.asp)
- CEDEX. (2012). Recuperado el 10 del 04 del 2015. <http://www.cedex.vsf.es: http://www.cedex.vsf.es: http://www.cedex.vsf.es/view/archivos/residuos/52.pdf>
- Coagulación y Floculación. (15 de Enero de 2016). Obtenido de Coagulación y Floculación: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/020867/020867-14.pdf>
- Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. (Agosto, 1998). Recuperado el 07 de 04 de 2015 de [www.ecomabi.cl: www.ecomabi.cl/biblioteca/category/32-guias-y-manuales?download..](http://www.ecomabi.cl: www.ecomabi.cl/biblioteca/category/32-guias-y-manuales?download..)
- LennTech. (15 de Enero de 2016). Water Treatment Solution. Obtenido de Tamizado: <http://www.lenntech.es/tamizado.htm>
- Loaiza L. (1987). Estudio del salto hidráulico como unidad de mezcla rápida (Tesis de Maestría). Recuperada de <http://eprints.uanl.mx/6854/1/1020072412.PDF>
- Mezcladores y Floculadores – Diseño. (15 de Enero de 2016). Obtenido de Dispersion de los Coagulantes: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/002320/002320-03b.pdf>

- Mezcladores. (15 de Enero de 2016). Obtenido de Mezcladores: [http://www.bvsde.ops-s.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2\\_cap2.pdf](http://www.bvsde.ops-s.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2_cap2.pdf)
- Moreno, A. R. (06 de 10 de 2011). mailxmail.com. Recuperado el 22 de 02 de 2015, de mailxmail.com: <http://www.mailxmail.com/curso-agua-tratamiento-uso-industrial/agua-como-recurso-industrial>

## **ANEXOS**

ANEXO I: Caracterización De Agua Cruda

ANEXO II: Tabla De Comparación De Willcomb

ANEXO III: Caracterización Del Agua Tratada



ANEXO IV: Tabla 8 Anexo 1 Límites De Descarga Del Efluente Al Sistema De Alcantarillado

ANEXO V: Hoja Técnica Del Coagulante

ANEXO VI: Ficha Técnica Del Floculante

ANEXO VII: Cotización De Químicos Coagulante Y Floculante

# ANEXO I

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 20 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 107 204</b>		
	SPS: 15 - 2 127	Análisis de agua	

**Atn. Srta. Carla Haro**

Dirección: Riobamba

Coca, 305 de marzo de 20165

## 1.- Datos generales:

Recogidas por.....Sta. Carla Haro

Fecha hora de toma de muestra.....2 015 11 20 07:30.

Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2 015 11 20 17:00.

Fecha del análisis .....2 015 11 20. 2 015 11 30

Condiciones Ambientales de Análisis...T. Max. 25,0°C T. Min. 21,0 °C

**Código de LabSu.....Identificación de la muestra.**

a 1 134.....Muestra de Agua Tomada a la entrada del Sistema de Tratamiento, del Proceso de Rectificación.

Temperatura del agua: 18 ° C

Coordenadas:

X .....1.658.748E

Y .....78.654429N

## 2.- Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 1 134	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencias
1	Potencial hidrógeno	-	9,26	PEE-LABSU-02	SM 4500-H <sup>+</sup> B
2	*Temperatura	°C	18	PEE-LABSU-02	SM 4500-H <sup>+</sup> B
3	Conductividad eléctrica	uS/cm	1 477	PEE-LABSU-03	SM 2510 B
4	*Sólidos Suspendidos	mg/L	1 364	PEE-LABSU-56	SM 4500 SS
5	Sólidos Totales disueltos	mg/L	945	PEE-LABSU-50	SM 4500 SSD
6	Sólidos Totales	mg/L	5 381,55	PEE-LABSU-49	SM 4500 ST
7	Dureza Total	mg/L	350	PEE-LABSU-59	SM 4500 DT
8	Turbidez	NTU	1 940	PEE-LABSU-81	SM 4500 UFT
9	Bario	mg/L	71,00	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D
10	Cromo total	mg/L	0,36	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111 B
11	Plomo	mg/L	< 0,15	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B
12	Vanadio	mg/L	< 0,40	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111 D
13	Hierro	mg/L	0,06	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B
14	*Magnesio	mg/L	8,24	PEE-LABSU-31	SM 3030 B, 3111 B
15	*Mercurio	mg/L	< 0,002	PEE-LABSU-11	SM 3030 B, 3111 B
16	Carbonato de Calcio	mg/L	< 50	PEE-LABSU-40	SM 4500 HCO <sub>3</sub>
17	*Fosfatos	mg/L	27,11	PEE-LABSU-19	SM 4500 PO <sub>4</sub>
18	Sulfatos	mg/L	28,00	PEE-LABSU-42	SM 4500 SO <sub>4</sub>
19	*Sólidos Sedimentables	mg/L	1,1	PEE-LABSU-58	SM 4500 SS

Fuente: Anexo I del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente;

Tabla # 8; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

## 3.- Responsable del Informe:

  
Ing. Gilberto López Pérez  
RESPONSABLE TECNICO

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

MC2201-05

Página 1 de 1



## ANEXO II

Tabla IV.1. Índice de Floculación de Willcomb

Número del Índice	Descripción
0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación.
2	Visible. Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	Disperso. Floc bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro. Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
8	Bueno. Floc que se deposita fácil pero completamente.
10	Excelente. Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina.



## ANEXO III

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemade S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 07-003 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 107 294</b>		
	SPS: 15 - 2 134	Análisis de agua	

**ANEXO V**

Coca, 0505 de marzo de 20166

**Atn. Srta. Carla Haro**

Dirección: Riobamba.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por.....Sta. Carla Haro  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 015 12 17 06:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio.....2 015 12 17 15:40.  
 Fecha del análisis.....2 015 12 17. 2 016 01 05  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Max. 25,0°C T. Min. 21,0 °C  
 Código de LabSu.....Identificación de la muestra.  
 a 1 254.....Muestra de Agua tomada después del tratamiento en el Tanque de Sedimentación.  
 Temperatura del agua: 20° C  
 Coordenadas:  
 X .....1.658,748E  
 Y.....78.654429N

**2.- Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 1 254	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencias
1	Potencial hidrógeno	~	8,71	PEE-LABSU-02	SM 4500-H* B
2	*Temperatura	°C	20	PEE-LABSU-02	SM 4500-H* B
3	Conductividad eléctrica	uS/cm	1 774	PEE-LABSU-03	SM 2510 B
4	*Sólidos Suspendidos	mg/L	2	PEE-LABSU-56	SM 4500 SS
5	Sólidos Totales disueltos	mg/L	1 135	PEE-LABSU-50	SM 4500 SSD
6	Sólidos Totales	mg/L	825,51	PEE-LABSU-49	SM 4500 ST
7	Dureza Total	mg/L	329	PEE-LABSU-59	SM 4500 DT
8	Turbidez	NTU	< 5	PEE-LABSU-81	SM 4500 UFT
9	Bario	mg/L	< 0,30	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D
10	Cromo total	mg/L	< 0,10	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111 B
11	Plomo	mg/L	< 0,10	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B
12	Vanadio	mg/L	< 0,40	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111 D
13	Hierro	mg/L	0,05	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B
14	*Magnesio	mg/L	9,65	PEE- LABSU-31	SM 3030 B, 3111 B
15	*Mercurio	mg/L	< 0,002	PEE- LABSU-11	SM 3030 B, 3111 B
16	Carbonato de Calcio	mg/L	< 50	PEE-LABSU-60	SM 4500 HCO3
17	*Fosfatos	mg/L	0,3	PEE-LABSU-19	SM 4500 PO4
18	Sulfatos	mg/L	< 1,0	PEE-LABSU-42	SM 4500 SO4
19	*Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0,1	PEE-LABSU-58	SM 4500 SS

Fuente: Anexo I del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente:

Tabla # 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

**3.- Responsable del Informe:**

  
Ing. Gilberta López Pérez,  
 RESPONSABLE TÉCNICO



Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

MC2201-05

Página 1 de 1

## ANEXO IV

**TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cínc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

## ANEXO V

### EQ-PAC

#### FICHA TÉCNICA

**Nombre del Producto:** EQ-PAC

**Descripción:** Coagulante inorgánico a base de sales de aluminio polimerizadas.

**Fórmula:**  $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)} \cdot H_2O$

**Propiedades físico químicas:**

- a. **Color:** de incoloro a amarillento ligero
- b. **Aspecto:** líquido
- c. **Olor:** Ninguno
- d. **Sabor:** característico
- e. **Densidad:** 1,34 g.mL<sup>-1</sup>
- f. **Solubilidad:** Soluble totalmente en agua

**Aplicación:**

- Tratamiento de agua potable
- Tratamiento de efluentes municipales e industriales
- Dosificación 250 mg.L<sup>-1</sup>, pero se recomienda su verificación con pruebas de jarra.

**Empaque y embarque**

Suministro a granel en camiones cisterna de acero revestido con pintura epóxica o en tanques de polipropileno, polietileno, PVC o fibra de vidrio.

Este producto es corrosivo con los metales.

Se recomienda limpieza anual de los depósitos de almacenamiento. Miscible en agua en cualquier proporción. En clima frío en caso de cristalización, se recomienda calentar y agitar los cristales a una temperatura de 50 a 60 °C, volviendo el producto al estado líquido.

## ANEXO VI



### EQ-PolyA

#### FICHA TÉCNICA

**Nombre del Producto:** EQ-PolyA

**Descripción:** Poliacrilamida aniónica

**Fórmula:**  $(C_3H_5NO)_n$

**Propiedades físico químicas:**

- a. **Color:** Blanco
- b. **Aspecto:** Sólido
- c. **Olor:** Ninguno
- d. **Sabor:** característico
- e. **Densidad:**  $1,10 \text{ g.mL}^{-1}$
- f. **Solubilidad:** Soluble totalmente en agua

**Aplicación:**

- Floculante universal para la eliminación de la materia en suspensión. Eficaz en un amplio rango de pH (6 - 14).
- Puede funcionar sólo o en combinación con otros productos habituales en los tratamientos de aguas, como: sulfato de aluminio, policloruro de aluminio, cloruro férrico, poliamina, cal, etc.
- Se utiliza con éxito en numerosas industrias tales como:
  - Industria química.
  - Industria textil.
  - Industria de curtición.
  - Industria de pinturas.
  - Industria del petróleo.
  - Industria de lavado de envases.
  - Industria alimentaria y mataderos.
  - Industria metalúrgica y galvánica.
- Indicado para aplicaciones con grandes consumos de floculante

## ANEXO VII



**COTIZACIÓN No. 0100**

**Quito, 21 de Agosto del 2015**

ATTE:

Carla Haro  
Ecuacerámica  
Riobamba-Ecuador

Motivo.- cotización de químicos para su uso en el tratamiento de agua residual de Ecuacerámica.

DESIGNACIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)
EQ-PAC (coagulante Policloruro de aluminio en polvo)	Kg	7,50 + IVA
EQ-PolyA (floculante de poliacrilamida en polvo)	Kg	1,10 + IVA

Atentamente,

Ing. Andrés Portilla  
Gerente General  
EQUABIOTECH CÍA. LTDA.